

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ:

- 1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**
- 2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**

**ΧΡΟΝΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**

**ΤΣΙΡΙΓΩΤΗ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΛΑΡΙΣΑ 2012**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελίδα
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	9
3.1. Κυριότεροι ρύποι	10
3.1.1. Διοξείδιο του θείου (SO₂)	11
3.1.2. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	11
3.1.3. Οξείδια του αζώτου (NO_x)	13
3.1.4. Αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter – PM)	14
3.1.5. Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)	16
3.1.6. Όζον (O₃)	18
3.1.7. Βενζόλιο	19
3.1.8. Μόλυβδος (Pb)	19
3.1.9. Ρύπανση της ατμόσφαιρας από το αυτοκίνητο	20
3.1.10. Νέφη	20
3.1.11. Υδρογονάνθρακες (HCs) – Οργανικές ενώσεις (OCs)	21
4. ΧΡΟΝΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	22
4.1. ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ	22
4.1.1. Διοξείδιο του θείου (SO₂)	30
4.1.2. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	30
4.1.3. Οξείδια του αζώτου (NO_x)	31
4.1.4. Όζον και άλλα φωτοοξειδωτικά	34
4.1.5. Αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter – PM)	35
4.1.6. Βενζόλιο	41
4.1.7. Μόλυβδος (Pb)	42

4.2. ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΝΟΣΗΜΑΤΑ	42
4.2.1. Αναπνευστικές παθήσεις	42
4.2.2. Αλλεργίες	52
4.2.3. Νευρολογικές παθήσεις	56
4.2.4. Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)	58
4.2.5. Καρδιολογικές παθήσεις	61
4.2.6. Νεοπλασίες	62
5. ΣΧΕΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ	63
5.1. Χώροι με αυξημένη ατμοσφαιρική επιβάρυνση	63
5.2. Σχέση περιβάλλοντος και επαγγελματικής έκθεσης	66
5.3. Τρόποι νόσησης	70
5.4. Κίνδυνοι μέσω μεταφοράς των ρυπαντών	72
5.5. Επιπτώσεις των ρύπων κατά ομάδες πληθυσμου	74
6. ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	79
6.1. Προσδιορισμός ρύπων	79
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, πως προκαλείται, αν υπάρχουν τρόποι να αντιμετωπισθεί και ποιες είναι οι επιπτώσεις στην υγεία μας.

Στη σημερινή εποχή η ατμοσφαιρική ρύπανση αναγνωρίζεται σαν ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, με αποτέλεσμα η Ευρωπαϊκή Ένωση και όλες οι αναπτυγμένες χώρες να έχουν θεσμοθετήσει σχετική υποχρεωτική νομοθεσία που να εξασφαλίζει ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας περιβάλλοντος.

Η περιβαλλοντική ρύπανση είναι άμεσα συνυφασμένη με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, η πρόοδος των οποίων εκτός από σημαντικά οφέλη που προσφέρει στην ανθρωπότητα έχει επίσης και δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στην υγεία των ανθρώπων.

Η επίδραση που έχει το περιβάλλον στην υγεία είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Ο πατέρας της Ιατρικής Επιστήμης Ιπποκράτης αναφέρει στο έργο του «περί αέρων υδάτων τόπων» ότι το κλίμα ρυθμίζει την υγεία του ανθρώπου.

Λευχαιμία διαφόρων τύπων, καρκίνοι, καρδιαγγειακά νοσήματα, ηπατικές βλάβες, αναιμία, δηλητηριάσεις και έξαρση του άσθματος είναι οι σημαντικότερες ασθένειες της σύγχρονης εποχής που σχετίζονται με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει αρχίσει να λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις ιδίως στα μεγάλα αστικά κέντρα. Ενδεικτικά 60.000 θάνατοι κάθε χρόνο στις μεγαλουπόλεις της Ευρώπης και 3.000.000 σε παγκόσμια κλίμακα οφείλονται στην μακροχρόνια έκθεση ρύπων της ατμόσφαιρας (από την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για το περιβάλλον).

Ωστόσο, επιδημιολογικές μελέτες κυρίως της τελευταίας δεκαετίας, έδειξαν ότι ακόμα και τα χαμηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν άμεσες επιδράσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένης και αύξησης της θνησιμότητας.

Αρκετές ομάδες πληθυσμού είναι πιο ευάλωτες στη ρύπανση, κάποιες όμως κινδυνεύουν άμεσα ακόμα και από σχετικά χαμηλά επίπεδα ρύπανσης.

Νεότερες μελέτες όμως έχουν δείξει ότι οι αρνητικές επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ξεκινούν τελικά πολύ νωρίτερα απ' ό τι θεωρείται, ακόμα και πριν γεννηθούν τα παιδιά, δηλαδή κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής περιόδου.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί την πρώτη αιτία παιδικής νοσηρότητας η οποία σχετίζεται με το περιβάλλον στις βιομηχανικές χώρες και τη δεύτερη αιτία παιδικής νοσηρότητας στις αναπτυσσόμενες βιομηχανικά χώρες.

Στη μελέτη αυτή θα αναλυθεί ποίοι είναι οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι ποιές οι πηγές τους και οι χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, καθώς και τα μέτρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποφυγή των επιπτώσεων αυτών.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Γενικά η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει μία μακρά ιστορία. Ένας από τους βασικούς λόγους που ανάγκαζαν τις πρώτες φυλές σε μετακίνηση ήταν η δυσοσμία και η ρύπανση του περιβάλλοντα χώρου τους εξαιτίας των απορριμμάτων που δημιουργούσαν. Με την ανακάλυψη και χρήση της φωτιάς ο άνθρωπος άρχισε να ρυπαίνει του εσωτερικούς χώρους εγκατάστασης με τα προϊόντα της ατελούς καύσης. Αυτό το γεγονός οδήγησε στην ανακάλυψη της καμινάδας για να απομακρύνει τέτοια προϊόντα στους εξωτερικούς χώρους. Η χρήση βέβαια της καμινάδας μετατόπισε το πρόβλημα της ρύπανσης εσωτερικών χώρων προς την ρύπανση της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή και είχε σαν αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι καπνώδης. Ο πατέρας της Ιατρικής ο Ιπποκράτης ήταν ο πρώτος που έγραψε για την συσχέτιση ανάμεσα σε επιδημικά φαινόμενα και τις καιρικές συνθήκες τον 4^ο π.χ. και ήταν ο πρώτος που χαρακτήρισε την υγιεινή των πόλεων ανάλογα με τον προσανατολισμό τους και τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες. Αυτές οι γνώσεις εμπλουτίστηκαν από την περίφημη Ιατρική σχολή της Αλεξάνδρειας (1ο π.χ.) και τον Βιτρούβιο ο οποίος έγραψε σχετικά με τον ορθό προσανατολισμό κτιρίων, δρόμων και πόλεων. Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας κάνει για πρώτη φορά αναφορά σχετικά με την βρωμιά από τις καπνισμένες καπνοδόχους στη Ρώμη το 61 μ.χ.

Μερικούς αιώνες αργότερα στα χρόνια του Μεσαίωνα και συγκεκριμένα το 1157 μ.χ. η σύζυγος του Βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκου II αναγκάζεται να μετακινηθεί λόγω αέριας ρύπανσης από την καύση κάρβουνου στο Κάστρο του Νότινχαμ. Μετά από 116 χρόνια η καύση του άνθρακα στις ασβεστοκάμινους απαγορεύθηκε στο Λονδίνο ενώ το 1661 η ρύπανση του Λονδίνου ήταν σε τέτοιο βαθμό ώστε εκδόθηκε μία οδηγία για τον έλεγχο της ρύπανσης από το Βασιλιά της Αγγλίας Κάρολο II. Οι βασικές βιομηχανίες που σχετίζονταν με την παραγωγή αέριας ρύπανσης την εποχή πριν την βιομηχανική επανάσταση ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιία και η συντήρηση ζωικών προϊόντων.

Η βιομηχανική επανάσταση τον 18^ο αιώνα οδήγησε στην εντατική χρήση του κάρβουνου κυρίως και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολύ μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα από τον καπνό και την στάχτη. Το βασικό πρόβλημα της αέρια ρύπανσης το 19^ο αιώνα ήταν ο καπνός και η στάχτη από την καύση κάρβουνου ή πετρελαίου σε καυστήρες, σε φούρνους, σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, στα τρένα, πλοία και στις οικιακές εστίες θέρμανσης. Στην Αγγλία ήταν τόσο σημαντικό το πρόβλημα ώστε ακολουθήθηκαν στρατηγικές ελέγχου της ρύπανσης όπως επιβεβαιώνεται από την πρώτη Δράση Δημόσιας Υγείας το 1848 και τις επόμενες το 1866 και 1875. Στις Η.Π.Α. η στρατηγική ελέγχου των εκπομπών μαύρου καπνού ήταν ευθύνη της εκάστοτε επαρχίας (1880) και απευθύνονταν κυρίως σε βιομηχανικές πηγές και στις μεταφορές και όχι σε οικιακές πηγές ρύπων.

Την πρώτη περίοδο του 20ου αιώνα (1900-1925) μια βασική εξέλιξη ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα που μετέφερε τις εκπομπές καπνού και στάχτης από τον καυστήρα του εργοστασίου στον καυστήρα των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Βέβαια καθώς ο αριθμός των πόλεων και των εργοστασίων αυξάνονταν το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης οξυνόταν. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο Dr. Henry Antoine Des Voeux σε ένα άρθρο του το 1905 με τίτλο “Fog and Smoke” δηλαδή «Ομίχλη και Καπνός» σημειώνει ότι δεν χρειάζεται επιστημονική γνώση για να παρατηρήσει κάποιος ότι σε πολλές μεγάλες πόλεις υπάρχει καπνώδης ομίχλη που το ονόμασε “Smog” (δηλαδή Καπνομίχλη) από τον συνδυασμό των λέξεων “Smoke+Fog” (Σχήμα 2.1). Μια άλλη βασική εξέλιξη της πρώτης περιόδου του 20^{ου} αιώνα (1900-1925) ήταν η αντικατάσταση του άνθρακα από πετρέλαιο σε πολλές εφαρμογές αλλά κυρίως η ξαφνική αύξηση των αυτοκινήτων.

Κατά την περίοδο 1925-1950 εμφανίζονται σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης όπως στο Meuse Valley (Βέλγιο) το 1930 με 63 νεκρούς, Donora Pennsylvania (ΗΠΑ) το 1948 με 20 νεκρούς και Poza Rica (Μεξικό) το 1950 καθώς επίσης έχουμε και την εμφάνιση του φωτοχημικού νέφους στο Los Angeles της Καλιφόρνιας στη δεκαετία το 1940 όποτε και αρχίζει να εντατικοποιείται η επιστημονική έρευνα σε θέματα αέριας ρύπανσης (Σχήμα 2.2).

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει γνωστά σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Βασικές τεχνολογικές αλλαγές αυτής της περιόδου (1925-1950) είναι η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου που οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και πετρελαίου στη οικιακή θέρμανση με πολύ καλά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η μείωση του μαύρου καπνού στο Pittsburgh και St. Louis των ΗΠΑ λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου.

Χρονολογία	Τοποθεσία	Προκαλούμενοι θάνατοι	Ασθενήσαντες
Δεκέμβρης, 1930	Βέλγιο (Muese Valley)	63	6000
Οκτώβρης, 1948	Donora, Pa	20	6000
26-30 Νοεμ., 1948	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
21 Νοεμ., 1950	Μεξικό (Poza Rica)	22	320
5-9 Δεκ., 1952	Λονδίνο	4000	δεν υπάρχουν στοιχεία
Νοέμβρης, 1953	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
3-6 Ιαν., 1956	Λονδίνο	1000	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1957	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
26-31 Ιαν., 1959	Λονδίνο	200-250	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1962	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
7-22 Ιαν., 1963	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
9 Ιαν.-12 Φεβ., 1963	Νέα Υόρκη, πολιτεία	200-400	δεν υπάρχουν στοιχεία
23-25 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
24-30 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, Πόλη	168	δεν υπάρχουν στοιχεία

Πίνακας 2.1: Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία (πηγή: Ιωάννης Γεντεκάκης, 1999).

Κατά την περίοδο 1950-1980, ένα σημαντικό επεισόδιο αέριας ρύπανσης (καπνομίχλης) χτυπά το Λονδίνο (1952) με καταστροφικές συνέπειες (4000 νεκροί). Το επεισόδιο ρύπανσης χαρακτηρίζονταν από υψηλά επίπεδα SO_2 και σωματιδίων υπό την παρουσία πυκνής χαμηλής ομίχλης με χαμηλή και ισχυρή θερμοκρασιακή αναστροφή. Σαν αποτέλεσμα η Αγγλία ακολούθησε τη δράση “Clean Air Act” για να μειώσει τις εκπομπές ρύπων αλλά ένα ακόμη σοβαρό επεισόδιο καπνομίχλης συνέβη το 1962 στο Λονδίνο με 700 νεκρούς.

Κατά την διάρκεια της περιόδου 1950-1980 όλες σχεδόν οι Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία είχαν την εμπειρία σοβαρών προβλημάτων αέριας ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα αυτές οι χώρες να δράσουν για την δημιουργία εθνικής νομοθεσίας ελέγχου της αέριας ρύπανσης. Επίσης κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου τα αυτοκίνητα συνεχίζουν να αυξάνονται με μεγάλους ρυθμούς.

Στην περίοδο 1950-1980 η επιστημονική και η τεχνολογική έρευνα στην Ευρώπη και Αμερική αυξάνονται εκθετικά. Το τεχνολογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην α) αέρια ρύπανση από τα αυτοκίνητα και τον έλεγχό της, β) την ρύπανση του SO_2 και τον έλεγχό της με την αποθείωση των καυσίμων και γ) στον έλεγχο των NO_x που παράγονται από διαδικασίες καύσης. Στο επιστημονική έρευνα αναπτύσσονται μαθηματικά μοντέλα και όργανα μέτρησης διαφόρων χημικών στοιχείων ενώ αρχίζουν να εγκαθίστανται οι πρώτες μονάδες παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα.

Μετά το 1980 γίνεται κατανοητό ότι το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης δεν είναι τοπικό αλλά επιδρά σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από την περιφερειακή κλίμακα έως την ημισφαιρική και παγκόσμια κλίμακα και εντείνεται το ενδιαφέρον για α) το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω CO₂ και άλλων θερμοκηπικών αερίων με μεγάλο χρόνο ζωής, β) την καταστροφή όζοντος στην στρατόσφαιρα λόγω αλογονούχων ενώσεων και γ) την περιφερειακή, διακρατική και διηπειρωτική μεταφορά αέριων ρύπων (όξινη βροχή, αύξηση του υποβάθρου τροποσφαιρικού όζοντος σε ημισφαιρική κλίμακα). Αυτή την περίοδο έχουμε την εμφάνιση της οικολογικής και περιβαλλοντικής προσέγγισης από Οργανισμούς και Κυβερνήσεις κρατών ενώ για πρώτη φορά υπογράφονται παγκόσμιες συμφωνίες κρατών όπως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την αντιμετώπιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Σχήμα 2.1: Ο Claude Monet πραγματοποίησε διάφορα ταξίδια στο Λονδίνο από το 1899 έως το 1901, κατά την διάρκεια των οποίων ζωγράφισε τον Τάμεση και το κοινοβούλιο.



Σχήμα 2.2: Φωτοχημική αιθαλομίχλη στο σύγχρονο Loss Angeles.



Σχήμα 2.3: Καθαρή ατμόσφαιρα της Αθήνας.



Σχήμα 2.4: Το «Νέφος» που καλύπτει την ατμόσφαιρα της Αθήνας.

3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

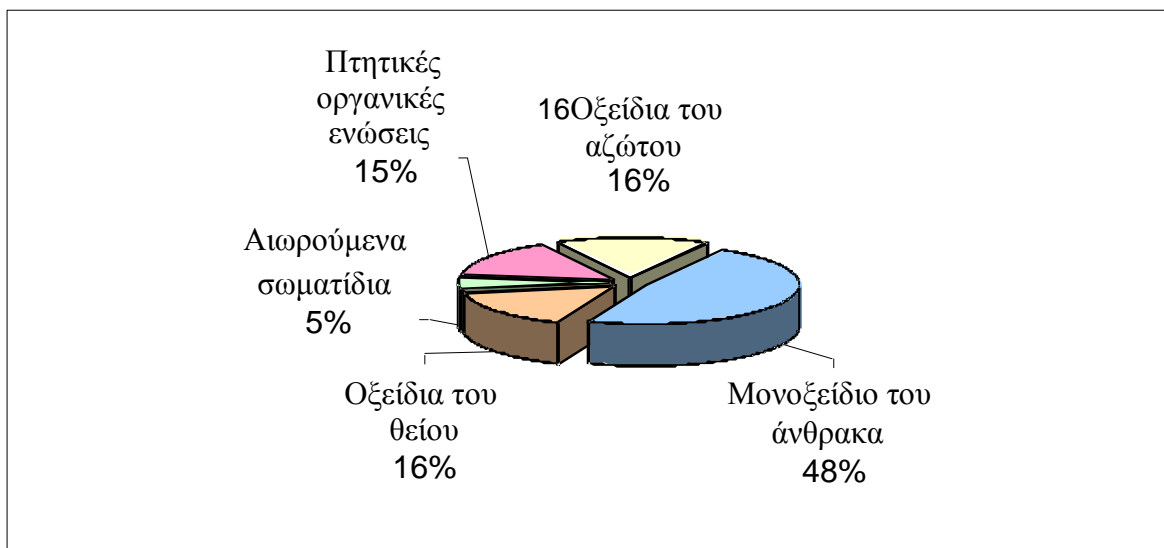
Ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών είτε σε ποσότητα είτε σε χρονική διάρκεια που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή διαβίωση κάθε μορφής ζωής πάνω στον πλανήτη δημιουργώντας ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης.

Οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

1. Φυσικές: στις οποίες περιλαμβάνονται ηφαιστειακή δραστηριότητα, θάλασσα, σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος, παραγωγή μεθανίου από το πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών, αλλά και η κοσμική ακτινοβολία καθώς και οι μετεωρίτες. Σε αυτούς τους ρύπους περιλαμβάνονται κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα, υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο.
2. Ανθρωπογενείς δραστηριότητες: Βιομηχανικές πηγές (καύσεις, επεξεργασία), παραγωγή και μεταφορά ενέργειας, μεταφορές, κεντρική θέρμανση, πυρκαγιές.

Σε όλες σχεδόν τις πόλεις η σημαντικότερη πηγή εκπομπής αέριων ρύπων, είναι η κυκλοφορία οχημάτων, ενώ ακολουθεί η κεντρική θέρμανση και η βιομηχανία.

Μάλιστα, στα αστικά κέντρα, στις περισσότερες περιπτώσεις η κυκλοφορία συμμετέχει σε ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό στους εισπνεόμενους από τον άνθρωπο αέριους ρύπους, σε σχέση με τις άλλες δύο πηγές εκπομπής, αφού η κυκλοφορία είναι κατανομημένη σε όλη την έκταση κάθε πόλης και βρίσκεται πολύ κοντά στον άνθρωπο (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1.

Κατανομή των αέριων ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

3.1. Οι κυριότεροι ρύποι

Οι ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες¹

A. Πρωτογενείς ρύποι

B. Δευτερογενείς ρύποι

Πρωτογενείς ονομάζουμε τους ρύπους οι οποίοι προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης όπως η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα (βενζίνη, πετρέλαιο), η θέρμανση κλπ.

Κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), οι υδρογονάνθρακες (HC) και τα αιωρούμενα σωματίδια. Οι ρύποι αυτοί μαζί με το όζον (O_3) ονομάζονται και «συμβατικοί ρύποι».

3.1.1 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Είναι αέριο άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική μυρωδιά σε πολύ ψηλές συγκεντρώσεις. Το διοξείδιο του θείου (SO₂) ταξιδεύει μεγάλες αποστάσεις στην ατμόσφαιρα πριν πέσει στο έδαφος. Το SO₂ μπορεί να ενωθεί με οξείδια του αζώτου (NO_x) και άλλα σωματίδια στην ατμόσφαιρα και να σχηματίσει σωματιδιόμορφες ουσίες, ή όπως είναι ευρέως γνωστά αιωρούμενα σωματίδια (PM = particulate matter).

Μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα τόσο από μόνο του όσο και από τις ενώσεις του με άλλους ρύπους.

Πηγές

Κυριότερες πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι:

- φυσικές (ωκεανοί – οργανικές θειούχες ενώσεις, υδρόθειο, θειικά άλατα)
- ανθρωπογενείς (καύσεις κάρβουνου – 60%, καύσεις πετρελαίου – 30%, Καύσεις πυριτών – 10%)

Άλλες πηγές προέλευσης διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Μέτρα μείωσης

- χρήση στερεών καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, αποθείωση υγρών καυσίμων,
- απομάκρυνση του SO₂ από τα βιομηχανικά αερολύματα (με χημικές μεθόδους)

3.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

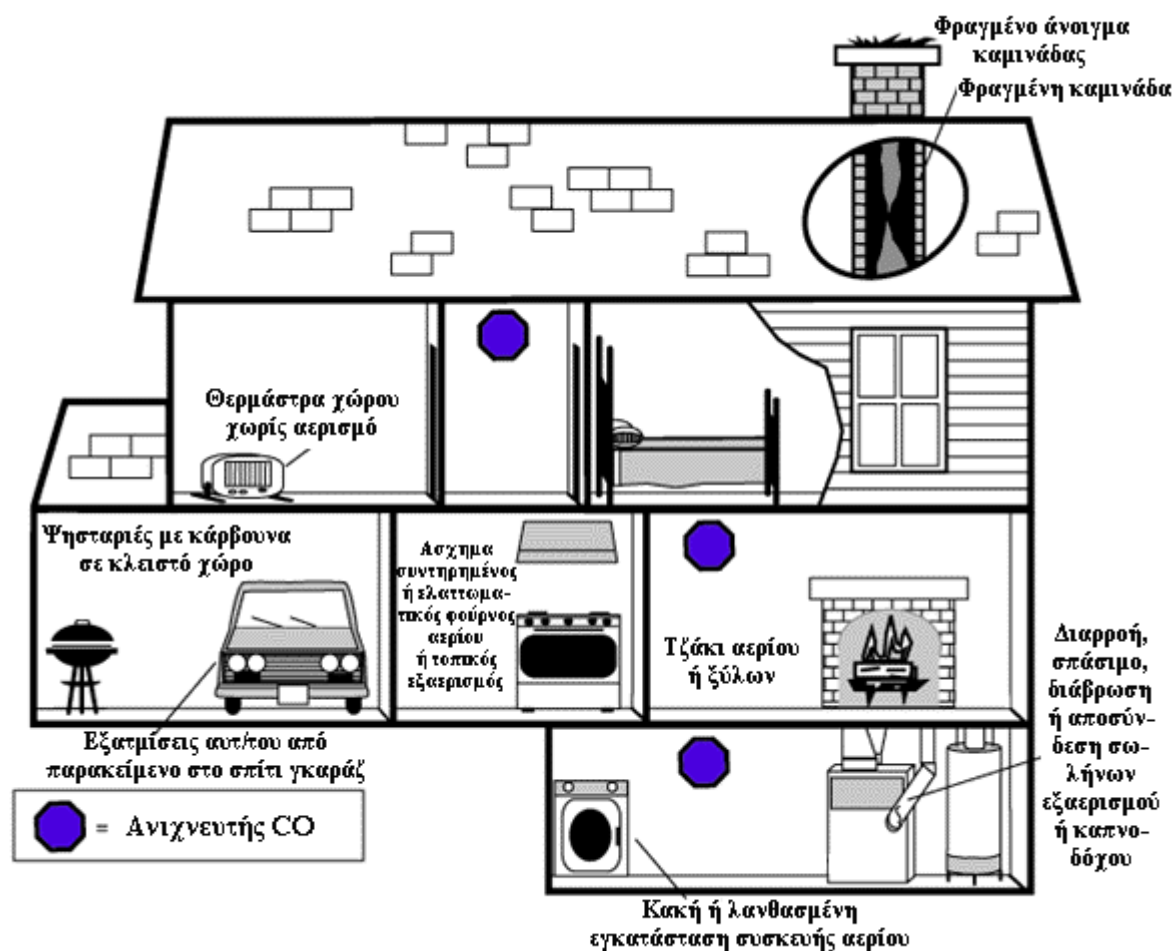
Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο άοσμο, άχρωμο, άγευστο και ελαφρύτερο του αέρα. Είναι ο πλέον ευρέως διαδεδομένος ρύπος. Παραμένει στην ατμόσφαιρα για 2-4 μήνες και οξειδώνεται αργά σε διοξείδιο του άνθρακα.

Πηγές

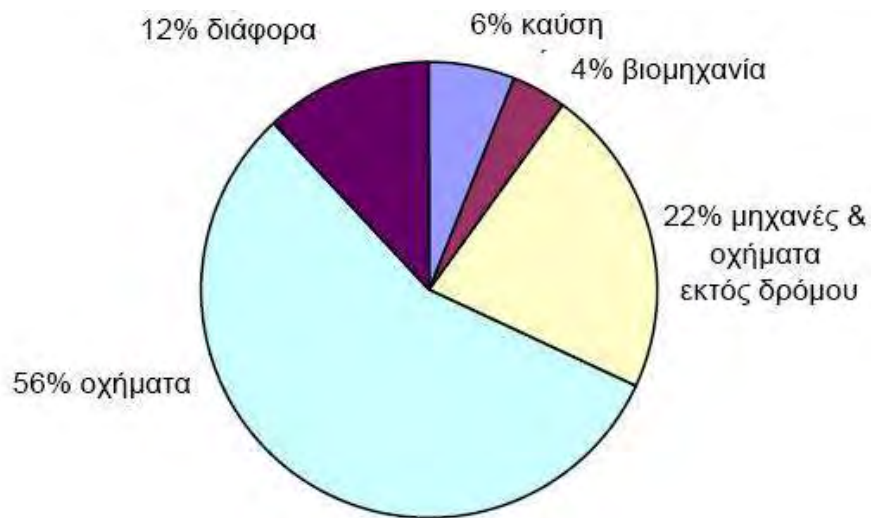
- Ανθρωπογενείς (αυτοκίνητα ως προϊόν ατελούς καύσης του άνθρακα), εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις θέρμανσης & άλλες βιομηχανικές εφαρμογές)
- Φυσικές (ηφαίστεια, φυσικά αέρια, ηλεκτρικές εκκενώσεις καταιγίδων, δασικές πυρκαγιές, διάφορες βακτηριακές δράσεις, οξείδωση υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα – κυρίως CH₄)



Σχήμα 3.1 : Ατελής καύση



Σχήμα 3.2 : Πηγές διοξειδίου του άνθρακα στο σπίτι



Διάγραμμα 2.

Πηγές προέλευσης CO

Μέτρα μείωσης

Τα μέτρα αφορούν την μείωση των καυσαερίων των αυτοκινήτων μέσω καλύτερης λειτουργίας του κινητήρα όπως και της χρησιμοποίησης καταλύτη.

3.1.3 Οξείδια του Αζώτου (NO_x)

Κυρίως NO και NO₂ με πιο χαμηλές τις συγκεντρώσεις NO₃ & N₂O₅, που είναι Σημαντικά για την δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

Πηγές

- Φυσικές, βιολογικές δράσεις (NO, N₂O, NH₃)
 - Ανθρωπογενείς, καύσεις άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου, διυλιστήρια
- Οι φυσικές πηγές είναι μεγαλύτερες σε όγκο.

Μέτρα μείωσης

Περιορισμός των βιομηχανικών εκπομπών, των ρύπων από τα αυτοκίνητα, (χρήση καταλύτη, καθαρισμός αερολυμάτων)

3.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter - PM)

Μια άλλη σημαντική κατηγορία ρύπων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, ο καπνός, διάφορα βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, αρσενικό, νικέλιο), πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες, οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα.

Ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος και χημική σύσταση. Διακρίνονται ανάλογα τη διάμετρό τους^{2,3}.

1. Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μεταξύ 2.5 - 10.0 μm ή PM_{2,5} - 10

("coarse" particles) (εικόνα 1). Τα σωματίδια αυτά προσβάλλουν το αναπνευστικό και εισέρχονται με την αναπνοή στους πνεύμονες. Αποτελούν το εισπνεύσιμο κλάσμα των σωματιδίων. Τα μεγαλύτερα αποτίθενται στη ρινική κοιλότητα και όσο μικραίνει η διαμετρός τους εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Τα σωματίδια που διαπερνούν τον ρινοφάρυγγα ονομάζονται και θωρακικά σωματίδια ($d \leq 7,0 \mu\text{m}$). Τα σωματίδια με διάμετρο $\leq 2,5 \mu\text{m}$ αποτελούν το αναπνεύσιμο κλάσμα, το οποίο είναι το σημαντικότερο από πλευράς επιπτώσεων στην υγεία.

Για σωματίδια με διάμετρο 10 μm, περίπου 80% της μάζας τους είναι εισπνεύσιμο ενώ ελάχιστο ποσοστό είναι αναπνεύσιμο. Αντίθετα σχεδόν το 90% της μάζας των σωματιδίων με διάμετρο 2,5 μm είναι αναπνεύσιμο.

Τα αιρώμωνα σωματίδια έχουν διάφορες πηγές προέλευσης, όπως από τη σκόνη μεταφερόμενη με τον άνεμο, από οχήματα τα οποία κινούνται σε άστρωτους δρόμους, από μηχανήματα βιομηχανιών συμπιέσεως, λιωσίματος και τροχισμού διαφόρων υλικών, αλέσματος, κ.ά.. Σχηματίζονται υπό την επίδραση, κυρίως, μηχανικών δυνάμεων, όπως η τριβή και η σύνθλιψη.

2. Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου άνω των 10 μm ή PM₁₀ αποτελούνται από λεπτομερώς διαχωρισμένη ανόργανη ύλη-ορυκτά, όπως Οξειδία του Αργιλίου, Πυρίτιο, Σίδηρο και Κάλιο.

3. Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2.5 μm (<2.5μm) ή λεπτόκοκκα σωματίδια, PM 2.5 ("fine" particles).

Αποδίδονται στα σχηματιζόμενα από την αέρια φάση σωματίδια, με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση, και αρχικά έχουν διάμετρο περίπου 0.05 μm. Το είδος, αυτού του μεγέθους των σωματιδίων, προέρχεται κυρίως από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

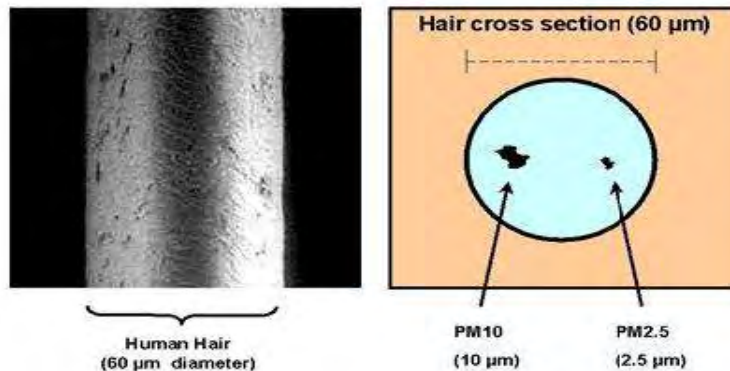
Ωστόσο τα PM 2.5 προκύπτουν από πολλές, διαφορετικές πηγές, όπως από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, από διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και από οικιακές εστίες φωτιάς, τζάκια, φούρνοι κ.ά., κι έτσι η σύστασή τους ποικίλλει. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανάφλεξης, τα οποία μετατρέπονται με χημικό τρόπο σε σωματίδια.

Οι μέχρι τώρα έρευνες, δείχνουν ότι σωματίδια αυτής της τάξεως μεγέθους (< 2.5 μm) τα οποία διεισδύουν βαθύτερα στους πνεύμονες και προκαλούν πλήθος συμπτωμάτων, αποτελούνται από ποικίλες ποσότητες Θεικών (SO_4^{2-}) και Νιτρικών (NO_3^-) ιόντων, ιόντων Αμμωνίου (NH_4^+), Άνθρακα, Οργανικών ενώσεων του Άνθρακα, Ύδατος, καθώς και μικρών ποσοτήτων χρώματος σκόνης, ενώσεων του Μόλυβδου (Pb) και ίχνη άλλων.

Σημαντικό ρόλο έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10 μm (PM10) και ιδίως τα σωματίδια με πολύ μικρή διάμετρο (PM2.5), διότι το μέγεθός τους, επιτρέπει την είσοδό τους στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα.

Τα μεγάλα σωματίδια απομακρύνονται γρήγορα από την ατμόσφαιρα, ενώ τα μικρότερα ίσως να παραμείνουν για ημέρες ή μήνες. Η βροχή βοηθά στην απομάκρυνση τους. Οι πρωτογενείς ρύποι στην ατμόσφαιρα μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων παράγουν τους δευτερογενείς ρύπους, κυριότεροι εκ των οποίων είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και το όζον (O_3)⁴.

HOW SMALL IS PM?



Μέτρα μείωσης

- Για τον περιορισμό των εκπομπών σωματιδίων στα αερολύματα των βιομηχανιών, αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα αποκονίωσης,
- Χρησιμοποίηση καυσίμων χαμηλής εκπομπής. Υψηλές σωματιδιακές εκπομπές έχει η καύση μαζούτ, βιομάζας, ξύλου και κάρβουνου. Το υγραέριο και η κηροζίνη χαρακτηρίζονται από σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές.

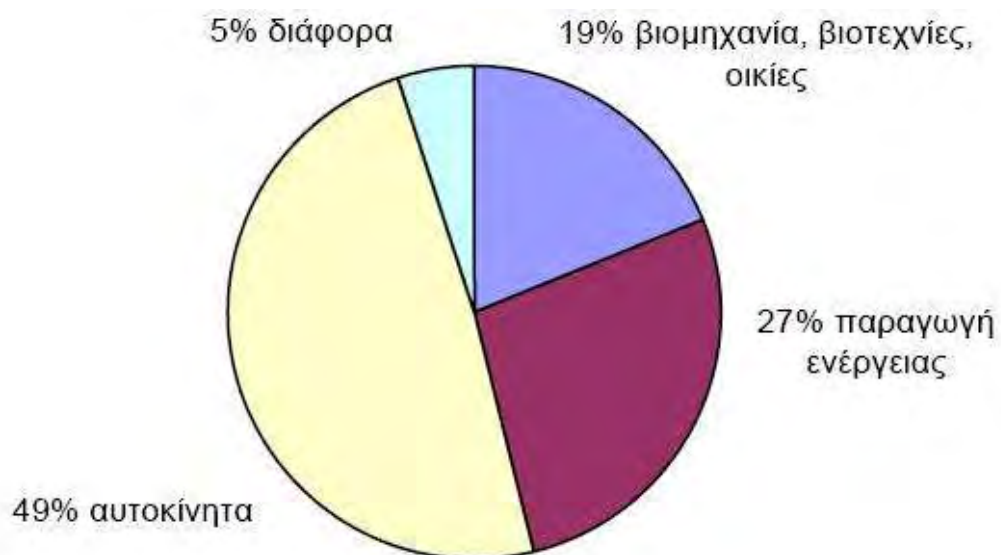
3.1.5 Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Ενώ το NO είναι αέριο, άχρωμο, με μικρή σχετικά τοξικότητα, το NO₂ είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή.

Εμπλέκεται και ενεργοποιεί τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού

Πηγές

Η καύση ορυκτών καυσίμων κυρίως σε αυτοκίνητα, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και κεντρικές θερμάνσεις παράγουν, μεταξύ άλλων, και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂) (διάγραμμα 3). Μετά τα αυτοκίνητα, τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών NO_x.



Διάγραμμα 3

Πηγές προέλευσης NO₂

3.1.6 Όζον (O₃)

Τα οξειδωτικά είναι δευτερογενείς ρύποι και παράγονται κυρίως κατά τις φωτοχημικές αντιδράσεις, με πρόδρομες ουσίες τα NO_x, τους υδρογονάνθρακες και την ηλιακή ακτινοβολία.

Τα φωτοοξειδωτικά περιλαμβάνουν κυρίως το όζον, το υπεροξυακετυλονιτρίλιο (PAN), το υπεροξυβενζολονιτρίλιο (PBN), την ακρολεΐνη, τη φορμαλδεΐδη.

Το όζον σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου (NO_x) με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το όζον είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμεία οσμή. Αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό. Διαλύεται δύσκολα στο νερό γι' αυτό και μπορεί να διεισδύσει μέχρι τους πνεύμονες με όλες τις αρνητικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία.

Στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα) το όζον έχει ευεργετικό ρόλο γιατί απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες (UV), προστατεύοντας μας έτσι από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου.

Επειδή η χημική αντίδραση για την παραγωγή όζοντος προϋποθέτει υψηλή θερμοκρασία και ηλιοφάνεια, το όζον έχει έντονα το χαρακτήρα εποχικού φαινομένου. Έτσι τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρούνται τα υψηλότερα επίπεδα του.

Η ποσότητα των φωτοοξειδωτικών στην ατμόσφαιρα εκτιμάται συνήθως με τη μέτρηση της συγκέντρωσης του όζοντος, το οποίο μαζί με τα PAN αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό.

Πηγές

Πηγές εκπομπής πρόδρομων ουσιών του όζοντος (VOCs και NO_x) είναι τα οχήματα, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά και τα βενζινάδικα.

3.1.7 Βενζόλιο

Το βενζόλιο είναι μια πτητική οργανική ένωση (VOC) η οποία αποτελεί ένα από τα δευτερεύοντα συστατικά της βενζίνης.

Πηγές

Πηγές βενζολίου είναι όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούν βενζίνη σαν καύσιμο.

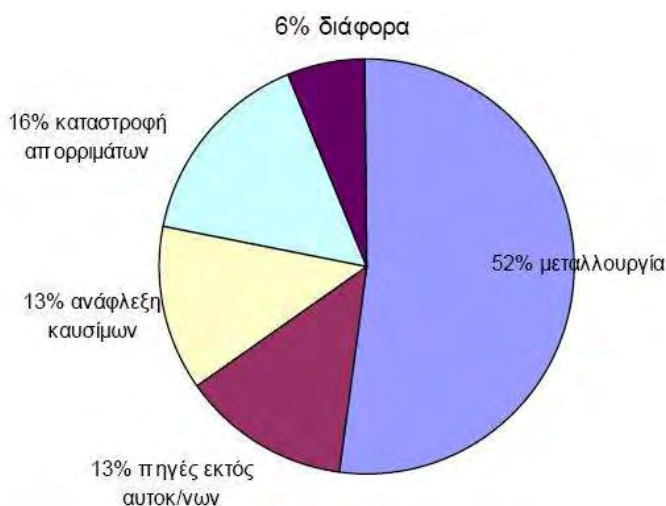
3.1.8 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι μαλακό μέταλλο αργυρόχρουν και ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Ένα ποσοστό της σωματιδιακής σκόνης αποτελείται από σωματίδια μολύβδου.

Πηγές

Ο μόλυβδος είναι μέταλλο που συναντάται τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στα προϊόντα ή τα κατάλοιπα της βιομηχανικής παραγωγής.

Πηγές μολύβδου μπορεί να είναι τα διάφορου τύπου μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν μολυβδόχα βενζίνη, εργοστάσια που χρησιμοποιούν μόλυβδο ή ουσίες που περιέχουν μόλυβδο και χώροι που καίνε απορρίμματα (διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4

Πηγές προέλευσης
Μολύβδου

3.1.9 Ρύπανση της ατμόσφαιρας από το αυτοκίνητο

Η συμμετοχή του αυτοκινήτου στη ρύπανση της ατμόσφαιρας των αστικών περιοχών εκτιμάται ότι είναι περίπου:

- 60% για το CO
- 30% για το NO_x
- 50% για τους υδρογονάνθρακες
- 3,5% για το SO₂

Μέτρα μείωσης

Επιτυγχάνεται με τη χρήση καταλυτών (κεραμικοί μονόλιθοι) οι οποίοι μετατρέπουν τους βασικούς ρύπους των καυσαερίων σε ουσίες που δεν έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις

3.1.10 Νέφη

Η θερμοκρασιακή αναστροφή βοηθά στη συσσώρευση ρύπων στο ψυχρό στρώμα αέρα πάνω από το έδαφος. Όταν οι συγκεντρώσεις ρύπων υπερβούν τις συνηθισμένες τιμές με κίνδυνο για τον άνθρωπο και τα ζώα μιλάμε για νέφος. Τα νέφη επιδρούν αρνητικά στη βλάστηση και στον άνθρωπο (ερεθισμός οφθαλμών και λαιμού)

Υπάρχουν δύο κατηγορίες νέφη:

- Τα νέφη καπνομίχλης, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις SO₂ και καπνού και σχηματίζονται όταν επικρατεί άπνοια με ταυτόχρονη θερμοκρασιακή μεταβολή και
- Τα φωτοχημικά νέφη, όπου είναι φωτοχημικός σχηματισμός δευτερογενών ατμοσφαιρικών ρύπων με οξειδωτικές ιδιότητες όπως το O₃, το NO₂ κα. Για να δημιουργηθεί φωτοχημικό νέφος πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:
 - A. άπνοια και ταυτόχρονη θερμοκρασιακή αναστροφή,
 - B. εκπομπή πρωτογενών ρύπων όπως υδρογονάνθρακες,
 - Γ. ηλιακή ακτινοβολία μεγάλης έντασης

3.1.11 Υδρογονάνθρακες (HCs) – Οργανικές ενώσεις (OCs)

Πτητικές (VCOs)

Υδρογονάνθρακες

Μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, ισοβουτάνιο, πεντάνιο, αιθυλένιο, βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο, κα.

Βιοαλκένια

Ισοπρένιο, πιπένιο, μονοτερπένια.

Αλδεύδες / κετόνες

Φορμαλδεύδη, ακεταλδεύδη, ακετόνη, μεθυλο-αιθυλοκετόνη, κα.

Οξέα

Φορμικό οξύ, κα.

Ημιπτητικές (SVOCs)

Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Ναφθαλίνιο, βενζοανθρακένιο, βενζοπυρένιο, κα.

Πολυχλωριομένα διφαινύλια

Οργανοχλωριωμένες ενώσεις

DDT, εξαχλωρολυκλοεξάνιο, κα.

Πηγές

Το 85% είναι μεθάνιο το οποίο προέρχεται από την εναερόβια μικρική αποικοδόμηση οργανικής ύλης στα νερά, τα ιζήματα και το έδαφος. Τα ζώα παράγουν μεθάνιο από μικροβιακές δράσεις στα εντερικά τους.

Η βλάστηση αποτελεί τη σημαντικότερη φυσική πηγή υδρογονανθράκων. Το αιθυλένιο εκπέμπεται από ένα πλάθος φυτών στην ατμόσφαιρα. Μόνο το 1/7 των συνολικών υδρογονανθράκων της ατμόσφαιρας προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

4.ΧΡΟΝΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

4.1 Ρύποι και υγεία

Οι επιπτώσεις σε βαρύτητα είναι ποικίλες και εξαρτώνται από το βαθμό της ρύπανσης, από το είδος της ρύπανσης και από τη διάρκεια έκθεσης στους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Οι ρύποι που σήμερα θεωρούνται ότι έχουν αιτιολογική συσχέτιση με την αύξηση τόσο της νοσηρότητας όσο και της θνησιμότητας είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO και CO₂), το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου, το όζον, και η αιθάλη.

Επίσης οι παραπάνω ρύποι του περιβάλλοντος ευθύνονται πολλές φορές για αποβολές εμβρύων, συγγενείς διαμαρτίες, σωματικές και διανοητικές αναπηρίες και διαταραχές της αναπαραγωγικής ικανότητας των ανθρώπων.

Λεπτομερείς επιστημονικές μελέτες έχουν αποδείξει τις σοβαρές επιβλαβείς επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και επίσης επίπεδα ρύπων που μέχρι τώρα θεωρούνταν ασφαλή δεν κρίνονται πλέον ικανοποιητικά και απαιτείται περαιτέρω μείωσή τους.

Παγκοσμίως, η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται υπεύθυνη για ασθένειες του αναπνευστικού/καρδιαγγειακού συστήματος καθώς και μεγάλο αριθμό θανάτων⁵.

Συγκεκριμένα στο Ηνωμένο Βασίλειο υπολογίζεται ότι 1 στους 10 θανάτους λόγω καρκίνου του πνεύμονα οφείλεται στη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα⁶.

Επιπρόσθετα η ρύπανση του αέρα προκάλεσε 24.000 πρόωρους θανάτους στη χώρα αυτή.

Στη Γαλλία, Ελβετία και Αυστρία έχει υπολογισθεί ότι 6% των θανάτων ετησίως οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Σήμερα, η ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ειδικά για αυτούς που ζουν στα αστικά κέντρα. Η αναγνώριση των επιδράσεων των σημερινών επιπέδων ρύπανσης οδήγησε στην αναθεώρηση των οδηγιών ή/και ορίων της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α., της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ).

Το πολυκεντρικό ευρωπαϊκό πρόγραμμα APHEA βασίστηκε σε υλικό από 30 Ευρωπαϊκές πόλεις και διερεύνησε τις βραχυχρόνιες επιδράσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία⁷.

Τα αποτελέσματα του APHEA έδειξαν ότι αύξηση των επιπέδων των αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο <10μm (PM10) κατά 10 μg/m³ σχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με αύξηση στην ημερήσια ολική θνησιμότητα κατά 0.6%, στην αναπνευστική κατά 1%, και στην καρδιαγγειακή κατά 0.8%⁸.

Για την ίδια αύξηση στα επίπεδα του ρύπου, οι εισαγωγές στα νοσοκομεία από νοσήματα του αναπνευστικού αυξάνονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό κατά 0.3% για τις ηλικίες 15-64 και κατά περίπου 1% για τις ηλικίες άνω των 65 χρόνων⁹.

Οι εισαγωγές για χρόνια αναπνευστική πνευμονοπάθεια αυξάνονται κατά 0.4% σε όλες τις ηλικίες και κατά 1% για άτομα άνω των 65. Οι εισαγωγές από καρδιακά νοσήματα αυξάνονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό κατά 0.5% για όλες τις ηλικίες και κατά 0.8% για τους άνω των 65 ετών¹⁰.

Επίσης, η πολυκεντρική έρευνα APHEA έδειξε ότι αύξηση κατά 10 μg/m³ στο SO₂ οδηγεί σε στατιστικά σημαντική ημερήσια αύξηση της ολικής και καρδιαγγειακής θνησιμότητας κατά 0.8%, ενώ της αναπνευστικής θνησιμότητας κατά 1%.

Η ίδια αύξηση στο NO₂ οδηγεί σε στατιστικά σημαντική ημερήσια αύξηση της ολικής θνησιμότητας κατά 0.3%, και της καρδιαγγειακής και αναπνευστικής θνησιμότητας κατά 0.4%.

Το μέγεθος των επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μεταβάλλεται ανάλογα με χαρακτηριστικά των πόλεων ή των περιοχών, τις οποίες αφορούν. Έτσι τα σωματίδια έχουν μεγαλύτερες επιδράσεις στη θνησιμότητα όταν προέρχονται σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα οχήματα και στις θερμότερες περιοχές.

Συγκεκριμένα στην αναδρομική μελέτη για τα έτη 2001-2007 του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, αναλύθηκε η συσχέτιση του φορτίου νοσηρότητας, του δείκτη θνησιμότητας, καθώς και των παθήσεων του αναπνευστικού και καρδιαγγειακού

συστήματος ανάλογα με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή, σε παιδιά και ενήλικες. Όπως αποδείχθηκε αύξηση της συγκέντρωσης συγκεκριμένων ρύπων προκαλεί αύξηση των εισαγωγών στο νοσοκομείο¹¹. Ρύπος-«πρωταγωνιστής» αναδεικνύονται τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} και ακολουθούν το όζον (O_3), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x). Όσον αφορά τη θνητότητα στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν σε συσχέτιση με τα επίπεδα των ημερησίων ρύπων.

Η σημαντικότερη αφορούσε τις λοιμώξεις αναπνευστικού και τα επίπεδα NO , ενώ ασθενέστερες συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ θανάτων από καρδιακή ανακοπή και επιπέδων CO και θανάτων από καρδιακή ανεπάρκεια ή από άλλα καρδιολογικά νοσήματα και όζοντος.

Η αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10\mu g/m^3$ αέρα βρέθηκε ότι προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του αριθμού των νοσηλειών στους ενήλικες κατά ένα συντελεστή 0.007 την ίδια ημέρα και κατά 0.066 την επόμενη ημέρα.

Με βάση τον ημερήσιο δείκτη νοσηλειών, η παραπάνω συσχέτιση κατά προσέγγιση σημαίνει πως αν σε ένα μήνα παρουσιάζεται αύξηση του συγκεκριμένου ρύπου κατά $20\mu g/m^3$ πάνω από τη μέση τιμή, αναμένεται να αυξηθούν κατά 3 οι νοσηλείες από καρδιοαναπνευστικά νοσήματα σε ένα μήνα λόγω του συγκεκριμένου ρύπου.

Για τους ρύπους CO , NO_x και O_3 παρατηρήθηκαν ανάλογες συσχετίσεις και η αύξησή τους, προκαλεί κατά προσέγγιση 1 έως 3 νοσηλείες περισσότερες σε ένα μήνα.

Ειδικά για τα αιωρούμενα σωματίδια βρέθηκε ότι αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10\mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, σημαντικά στατιστική, του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών για αναπνευστικές παθήσεις κατά 0.0051 στους ενήλικες και κατά 0.0030 στα παιδιά.

Αναφορικά με τις νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα αποδείχθηκε ότι αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του ημερήσιου αριθμού των νοσηλειών κατά 0.0057.

Στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης του CO κατά $10 \mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του αριθμού νοσηλειών της επόμενης ημέρας εξαιτίας παθήσεων του αναπνευστικού στους ενήλικες κατά 0.0972 και στα παιδιά κατά 0.1004, ενώ μεγαλύτερη είναι η τάση αύξησης που παρατηρείται στις νοσηλείες της επόμενης ημέρας για καρδιαγγειακές παθήσεις στους ενήλικες.

Αρκετές ομάδες πληθυσμού είναι πιο ευάλωτες στη ρύπανση, κάποιες δε κινδυνεύουν άμεσα ακόμα και από σχετικά χαμηλά επίπεδα ρύπανσης.

Περισσότερο ευάλωτα είναι τα υπερήλικα άτομα καθώς και τα παιδιά. Άτομα που πάσχουν από χρόνια αναπνευστική πάθηση ή είναι ηλικιωμένοι, τότε είναι περισσότερο ευάλωτοι στις βλαβερές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως πρόωρος θάνατος από πνευμονική ή καρδιακή πάθηση.

Τα υγιή άτομα που εργάζονται ή ασκούνται στο ύπαιθρο είναι επίσης ευάλωτα στις επιβλαβείς συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως κατά τις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην επιφάνεια του εδάφους.

Επίσης επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι άτομα που έχουν ζήσει όλη τους τη ζωή στην Αθήνα έχουν διπλάσια πιθανότητα να αναπτύξουν χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια σε σχέση με άτομα που έχουν ζήσει σε αγροτικές ή ημιαστικές περιοχές.

Οι ημέρες με αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων συνοδεύονται από αύξηση αυτών των καρδιαγγειακών επεισοδίων και στην Αττική. Μελέτες μάλιστα από την 1η Πανεπιστημιακή Καρδιολογική Κλινική του Πανεπιστημίου Αθηνών έχουν δείξει ότι οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας (που συνοδεύονται και από αντίστοιχες αυξομειώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων) σχετίζονται με παράλληλες εξάρσεις των οξέων στεφανιαίων επεισοδίων. Φαίνεται μάλιστα ότι το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται χρόνο με τον χρόνο, σε συνδυασμό με τις γενικότερες κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται στον πλανήτη.

Επιπρόσθετα, η μακροχρόνια έκθεση στους ατμοσφαιρικούς ρύπους εγκυμονεί μεγαλύτερο κίνδυνο για την καρδιά παρά για το αναπνευστικό σύστημα¹²⁻¹⁴.

Οι μετρήσεις που πραγματοποίησαν ερευνητές του Πανεπιστημίου Brigham Young των ΗΠΑ σε μεγαλουπόλεις της χώρας, απέδειξαν πως το 45.1% των θανάτων εξαιτίας της μόλυνσης αφορούσε καρδιαγγειακά νοσήματα, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό που αφορούσε αναπνευστικά νοσήματα δεν ξεπερνούσε το 8.2%.

Η 16ετής μελέτη των Αμερικανών επιστημόνων αφορούσε συνολικά 116 πόλεις των ΗΠΑ, οι οποίες φιλοξενούσαν περίπου 500.000 κατοίκους. Κατά τη διάρκεια της έρευνας το 22.5% των παραπάνω ατόμων απεβίωσαν.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας, για κάθε αύξηση της τάξης της μίας μονάδας στο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, ο κίνδυνος εμφάνισης καρδιαγγειακού νοσήματος μεγεθυνόταν κατά περίπου 12%.

Οι μηχανισμοί που προτείνονται είναι οι παρακάτω:

Τα αιωρούμενα μικροσωματίδια προκαλούν εισπνεόμενα μια γενικευμένη, μικρής έντασης φλεγμονώδη αντίδραση στον οργανισμό, που τελικά οδηγεί στην αθηρογένεση. Επίσης, κινητοποιούν τους μηχανισμούς θρόμβωσης, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη θρόμβου που μπορεί να αποφράξει τον αυλό των στεφανιαίων αρτηριών προκαλώντας οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου

Επιπλέον, η εισπνοή αυτών των βλαβερών ρύπων οδηγεί σε δυσλειτουργία του ενδοθηλίου, που οδηγεί με τη σειρά του σε βλάβη στα αγγεία της καρδιάς και της περιφέρειας.

Οι Dr Baccarelli et al ανακάλυψαν την σύνδεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και θρόμβωσης ύστερα από μελέτη σε 870 άτομα στην Ιταλία, τα οποία εμφάνισαν θρομβώσεις των εν τω βάθει φλεβών μεταξύ του 1995 και του 2005¹⁵.

Όταν οι ερευνητές σύγκριναν τα άτομα αυτά με άλλα 1.210 άτομα που ζούσαν στην ίδια περιοχή και δεν παρουσίαζαν θρομβώσεις, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για κάθε αύξηση των ρυπογόνων μικροσωματιδίων της τάξεως των 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ο κίνδυνος για θρόμβωση των εν τω βάθει φλεβών αυξανόταν κατά 70%.

Επιπρόσθετα, το αίμα των ατόμων που είχαν εκτεθεί σε υψηλότερα επίπεδα μικροσωματιδίων φάνηκε ότι δημιουργούσε πολύ ευκολότερα θρόμβους, όταν εξετάστηκε σε εργαστηριακό επίπεδο.

Το μονοξειδίο του άνθρακα, ο μόλυβδος, το βενζένιο, το διοξείδιο του αζώτου, οι πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, το όζον της κατώτερης ζώνης της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρα) και μικρά αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνονται στους κυριότερους παράγοντες που απειλούν την υγεία τόσο βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η θνητότητα εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη στα παιδιά κάτω των πέντε ετών σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό.

Οι διαρροϊκές ασθένειες, η ελονοσία και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού – κύριες αιτίες θανάτου στις μικρές ηλικίες - αποτελούν νόσους οι οποίες συνδέονται άμεσα με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Εκτιμάται ότι στις αναπτυσσόμενες χώρες αυτές και μόνον οι τρεις ομάδες ασθενειών ευθύνονται για το 26% των θανάτων σε παιδιά κάτω των πέντε ετών.

Στον παρακάτω πίνακα 2, παρουσιάζεται μια περίληψη των επιπτώσεων στην υγεία λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Πίνακας 2 Επιπτώσεις στην υγεία
λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

	Επιδράσεις στην υγεία όταν οι ρύποι βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα
<ul style="list-style-type: none"> • Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂) • Διοξείδιο του Θείου (SO₂) 	Τα αέρια αυτά ερεθίζουν τους πνεύμονες προκαλώντας επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα
<ul style="list-style-type: none"> • Όζον (O₃) 	Καταστρέφει τους ιστούς στο λαιμό και στους πνεύμονες και ερεθίζει τα μάτια
<ul style="list-style-type: none"> • Σωματίδια (PM₁₀, PM_{2.5}) 	Τα λεπτόκοκκα σωματίδια μεταφέρονται στους πνεύμονες, όπου είναι δυνατόν να προκαλέσουν φλεγμονή και επιδείνωση των ασθενειών των πνευμόνων και της καρδιάς
<ul style="list-style-type: none"> • Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) 	Εμποδίζει τη φυσιολογική μεταφορά του οξυγόνου από το αίμα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του οξυγόνου που μεταφέρεται στην καρδιά και να προκαλέσει ασφυξία
<ul style="list-style-type: none"> • Μόλυβδος (Pb) 	Σωματίδια που περιέχουν μόλυβδο, μπορούν να απορροφηθούν μέσω των πνευμόνων στο αίμα και να επηρεάσουν το νευρικό σύστημα και την ικανότητα του σώματος να παράγει αίμα
<ul style="list-style-type: none"> • Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs) 	Μερικές από αυτές, όπως το βενζόλιο, είναι τοξικές, ενώ άλλες, όπως το βενζοπυρένιο, μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις των κυττάρων

Οι κατηγορίες των κυριότερων ρύπων και η συσχέτιση τους με την υγεία παρουσιάζεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3 Κατηγορίες επικινδυνότητας των κυριότερων ρύπων

Κατηγορία	Βαθμός	Προβλήματα Υγείας
Χαμηλή	1	Περιστασιακά συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν σε άτομα με πολύ ευαισθησία στο αναπνευστικό σύστημα
	2	
	3	
Μέτρια	4	Ελαφρά συμπτώματα με πιθανότητα ιατρικών συμβουλών/περίθαλψης μπορεί να εμφανιστούν σε άτομα με ευαισθησία στο αναπνευστικό σύστημα
	5	
	6	
Υψηλή	7	Έμφανή συμπτώματα διακρίνονται σε άτομα με ευαισθησία στο αναπνευστικό σύστημα και προτρέπεται η άμεση μείωση ή και αποφυγή έκθεσης των ατόμων αυτών σε υπαίθριους χώρους. Άτομα που πάσχουν από ασθματικά νοσήματα συνήσταται όπως αποφύγουν την άσκοπη υπαίθρια διακίνηση
	8	
	9	
Πολύ Υψηλή	10	Τα συμπτώματα όπως περιγράφονται στην κατηγορία "υψηλή" σε περισσότερη έξαρση.

4.1.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το CO δεν παρουσιάζει εμφανή συμπτωματολογία από το ανώτερο αναπνευστικό, παρ' ότι εισέρχεται στον πνεύμονα και την πνευμονική κυκλοφορία. Το CO είναι τοξικό όταν εισπνέεται, γιατί ανταγωνίζεται το οξυγόνο σε ένα από τα τέσσερα άτομα σιδήρου που έχει το μόριο της αιμοσφαιρίνης.

Η χημική συγγένεια του CO είναι περίπου 240 φορές μεγαλύτερη από του οξυγόνου, με αποτέλεσμα το σχηματισμό της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης, αντί της φυσικής οξυαιμοσφαιρίνης που μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς.

Το CO μειώνει το οξυγόνο που μεταφέρει το αίμα στο σώμα, με αποτέλεσμα προσωρινή ή μόνιμη βλάβη σε όργανα. Οι πρώτες συνέπειες της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης εκδηλώνονται από τον εγκέφαλο, όπου αποτελέσματα είναι η μείωση της φυσικής και πνευματικής ικανότητας του ανθρώπου, πονοκέφαλοι και ξαφνική απώλεια της συνειδήσεως χωρίς αναπνευστικές διαταραχές αφού δρα ως κατασταλτικό του εγκεφάλου, που συνεχιζόμενης της έκθεσης προκαλεί το θάνατο. Επίσης δημιουργεί και ενοχοποιείται για στεφανιαία νόσο, επικίνδυνες αρρυθμίες και αιφνίδιο θάνατο.

Το CO δεν εμφανίζει αθροιστική δράση, που σημαίνει ότι δεν αθροίζεται στα όργανα του σώματος, όμως παρατεταμένη αύξηση προκαλεί δηλητηρίαση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε υψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της όρασης τους.

Επιπρόσθετα το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με άλλους ρύπους με αποτέλεσμα τη δημιουργία όζοντος στο επίπεδο εδάφους, το οποίο μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη υγεία.

4.1.2 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα αυξάνοντας τα επεισόδια στους πάσχοντες από άσθμα, χρόνια βρογχίτιδα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιαγγειακές παθήσεις (εμφύσημα).

Το SO₂ είναι πολύ ευδιάλυτο και γι'αυτό απορροφάται από τα υγρά στο ανώτερο κυρίως αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας αντίσταση στη διόδ του αέρα (λόγω οιδήματος) και έκκριση βλένας.

Το SO₂ προκαλεί βρογχοστένωση, με αποτέλεσμα τη δύσπνοια και το ρόγχο. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας και ερεθισμό στα μάτια.

Άτομα με καρδιαγγειακές, χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις (όπως η βρογχίτιδα ή το εμφύσημα), τα άτομα που πάσχουν από άσθμα καθώς και μικρά παιδιά και ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες. Σύμφωνα με τη Βρετανική Επιτροπή για τις Επιπτώσεις των Αέριων Ρύπων στην Υγεία (COMEAP), μόνο στη Βρετανία, το SO₂ μπορεί να ευθύνεται για 3.500 πρόωρους θανάτους και 3.500 έκτακτες εισαγωγές σε νοσοκομεία ετησίως.

Έρευνες δείχνουν σημαντική σχέση ανάμεσα στο διοξείδιο του θείου και στη θνησιμότητα.

Ειδικότερα όταν συγκρίθηκε μία ημέρα πολύ υψηλής ρύπανσης με μία σχετικά καθαρή ημέρα διαπιστώθηκε αύξηση περίπου 10% στη θνησιμότητα, που αντιστοιχούσε σε τρεις θανάτους ημερησίως.

4.1.3 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Η υπερβολική έκθεση στα οξείδια του αζώτου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο αίμα, το ήπαρ, τους πνεύμονες και τη σπλήνα. Τα νιτρικά οξείδια όπως το NO, NO₂, N₂O₄, N₂O₅, προάγουν την στεφανιαία νόσο και ενοχοποιούνται για σπασμό των στεφανιαίων και αιφνίδιο θάνατο.

Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με την αμμωνία, την υγρασία, και άλλες ενώσεις για να δημιουργήσουν το νιτρικό οξύ και άλλα σχετικά σωματίδια. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται τοξικά προϊόντα, μερικά από τα οποία μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές μεταλλαγές.

Αποτέλεσμα της χημικής αντίδρασης των οξειδίων του αζώτου (NO_x) με πτητικές οργανικές ενώσεις και το ηλιακό φως είναι η δημιουργία αιθαλομίχλης και τροποσφαιρικού όζοντος (εικόνα 2).

Σε υπήνεμες συνθήκες αυτή η αιθαλομίχλη από NO_x μολύνει περιοχές σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων. Όταν εισπνέεται δημιουργεί λαχάνιασμα, στηθάγχη, αναπνευστικό συριγμό και ευπάθεια σε αναπνευστικά προβλήματα.

Μπορεί να δημιουργήσει σοβαρότερα προβλήματα όπως άσθμα και φλεγμονές του πνεύμονα.

Η αιθαλομίχλη είναι επικίνδυνη για όλους αλλά περισσότερο για τα παιδιά, ηλικιωμένους και αυτούς που έχουν αναπνευστικά προβλήματα.



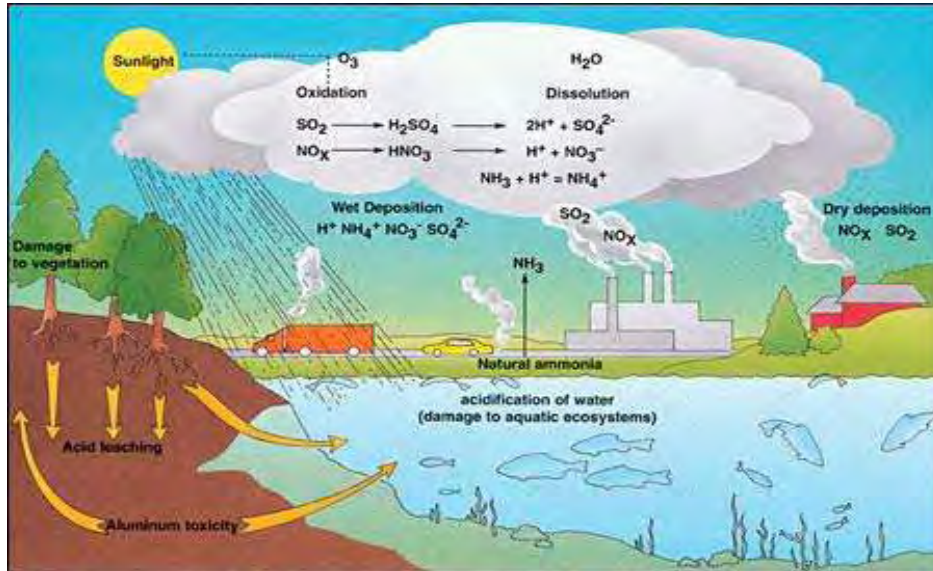
Εικόνα 2

Δημιουργία αιθαλομίχλης και τροποσφαιρικού όζοντος

Όταν το διοξείδιο του θείου είναι επίσης παρόν, μπορεί να συνδράμει για να αυξήσει τη ζημιά ακόμη περισσότερο σε σχέση με τα μεμονωμένα αποτελέσματα που επιφέρουν τα οξειδίου του αζώτου και του θείου.

Συγκεκριμένα από την αντίδραση οξειδίων του αζώτου (NO_x) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) με το νερό και το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα δημιουργείται η όξινη βροχή.

Η αντίδραση αυτών των ρύπων με την βοήθεια του ηλιακού φωτός δημιουργεί τοξικές ενώσεις όπως καρμπολικό οξύ, νιτρικό οξύ και θειικό οξύ που είτε πέφτουν με την βροχή είτε εναποτίθενται στο έδαφος (εικόνα 3)



Εικόνα 3

Επιπτώσεις και κύκλος όξινης βροχής

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν κυρίως το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2).

Το NO_2 είναι πιο επικίνδυνο για την υγεία από το NO . Έχει περιορισμένη διαλυτότητα, γεγονός που του επιτρέπει τη διείσδυση στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Αντιδρά με την οξυαιμοσφαιρίνη και εμποδίζει την οξυγόνωση των ιστών.

Ακόμη και μικρού χρόνου έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε κρίση βρογχικού άσθματος. Αυξημένες συγκεντρώσεις του επιφέρουν άμεσες επιπτώσεις όπως ερεθισμό της μύτης και των ματιών, δυσχέρεια στην αναπνοή και αύξηση της συχνότητας άσθματος καθώς και οξεία αναπνευστική δυσφορία.

Το NO_2 ευθύνεται για την αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομεία για πνευμονικές παθήσεις και τον κίνδυνο θανάτου από πνευμονικό οίδημα

4.1.4 Όζον (O₃) και άλλα φωτοοξειδωτικά

Το όζον και τα οξειδωτικά γενικά (υπεροξυακετυλονιτρίλιο (PAN), το υπεροξυβενζολονιτρίλιο (PBN), την ακρολεΐνη, τη φορμαλδεΰδη), εισέρχονται στα βαθύτερα σημεία των πνευμόνων και είναι ερεθιστικά στα μάτια, τη μύτη και τον φάρυγγα ενώ είναι ιδιαίτερος βλαπτικά για την υγεία.

Οι επιπτώσεις που γίνονται αντιληπτές περιλαμβάνουν ερεθισμό των ματιών, της μύτης και του λαιμού, συριγμό, επίμονο βήχα, πονοκεφάλους, πόνο στο στήθος και έντονο αίσθημα κόπωσης κατά την άσκηση ή υπαίθριες δραστηριότητες.

Οι βραχυπρόθεσμες εκθέσεις μπορεί να προκαλέσουν αυξανόμενη ευαισθησία στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα και άλλα ερεθιστικά.

Οι πληθυσμιακές μελέτες που αφορούν τις μακροπρόθεσμες εκθέσεις σε χαμηλού επιπέδου όζον δείχνουν ότι το όζον μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση της αναπνευστικής λειτουργίας, σοβαρές φλεγμονές και ακόμη και μόνιμες βλάβες στο πνευμονικό παρέγχυμα.

Το όζον επιδεινώνει το βρογχικό άσθμα και έτσι προκαλεί αύξηση στη χρήση βρογχοδιασταλτικών. Αυξάνει την ευπάθεια σε αναπνευστικές ασθένειες όπως πνευμονία και βρογχίτιδα. Συγκεκριμένα στους πνεύμονες μειώνεται η χωρητικότητα των πνευμόνων (ποσότητα αέρα που μπορούν να συγκρατήσουν) καταστρέφονται οι κυψελίδες των βρόγχων και προκαλούνται μόνιμες βλάβες στις αναπνευστικές διόδους.

Επιπλέον αυξάνει τις εισαγωγές σε νοσοκομεία για πνευμονικές παθήσεις ενώ καταγράφεται και αύξηση του κινδύνου θανάτου από καρδιακές παθήσεις.

Σύμφωνα με μελέτη της Βρετανικής Επιτροπής για τις Επιπτώσεις των Αέριων Ρύπων στην Υγεία (COMEAP) έδειξε ότι, μόνο στη Βρετανία, το όζον μπορεί να ευθύνεται για 700-12.500 πρόωρους θανάτους και 500-9.900 έκτακτες εισαγωγές σε νοσοκομεία ετησίως²⁶.

Επιπρόσθετα το όζον ελαττώνει την αντίσταση του οργανισμού σε λοιμώξεις.

4.1.5 Αιωρούμενα σωματίδια

Δεκάδες έρευνες σε όλο τον κόσμο ενοχοποιούν τα μικροσωματίδια όχι μόν για αύξηση της θνησιμότητας, αλλά και για σημαντικές μακροχρόνιες βλάβες στην υγεία.

Επιπλέον η μεταφορά τους που διευκολύνεται με την βοήθεια των ανέμων τα μετακινεί σε μεγάλες αποστάσεις όπου μπορούν να εγκατασταθούν στο έδαφος και στα επιφανειακά ύδατα μολύνοντας το περιβάλλον και την τροφική αλυσίδα με αντίστοιχες επιδράσεις στην υγεία.

Οι άνθρωποι που ζουν για πολλά έτη σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, έχουν συνδεθεί με διάφορα προβλήματα υγείας, όπως μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων, ανάπτυξη της χρόνιας βρογχίτιδας και ακόμη και πρόωρο θάνατο.

Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες του πληθυσμού που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες τω πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου μπορούν να επιδεινώσουν ή να ενεργοποιήσουν αναπνευστικές παθήσεις. Επακόλουθα η υπερβολική έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων και μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο της καρδιακής ανακοπής και του πρόωρο θανάτου.

Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικά τις πρώτες βοήθειες²⁷.

Επί έτη, υπήρχε μία σύγχυση σχετικά με τη φύση και την επικινδυνότητα των σωματιδίων, απόδειξη ότι οι διάφοροί σταθμοί μέτρησης μετρούσα διαφορετικές παραμέτρους (άλλοι μετρούσαν π.χ. καπνό, άλλοι τα ολικά αιωρούμενα σωματίδια).

Οι έρευνες ενοχοποιούν κυρίως τα αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια μικρής διαμέτρου PM₁₀ που εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα²⁸.

Η συμβολή των PM10 σε βραχυχρόνιες βλάβες στην υγεία καταδεικνύεται με δραματικό τρόπο από μελέτες που έγιναν στις ΗΠΑ και συνοψίζονται στον Πίνακα 3.

Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών προκάλεσαν διαδικασίες αναθεώρησης των ορίων για τα σωματίδια από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ), την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και τις ΗΠΑ.

Η ΠΟΥ δέχεται πλέον ότι δεν υπάρχει κατώφλι ασφαλείας για τα αιωρούμενα σωματίδια και ότι, επομένως, αυτά μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στη υγεία από πολύ χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα.

Μελέτες στις ΗΠΑ

Δείκτης υγείας	Αύξηση (%) στο δείκτη υγείας που σχετίζεται με 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ αύξηση στα PM ₁₀
Ολική θνησιμότητα	5,1
Θνησιμότητα από αναπνευστικά	18,2
Θνησιμότητα από καρδιαγγειακά	7,2
Εισαγωγές στα νοσοκομεία με κρίση άσθματος	9,9
Εισαγωγές στα νοσοκομεία αναπνευστικών περιστατικών	4,1
Χρήση βρογχοδιασταλτικών από άσθματικούς	15,4
Κρίσεις άσθματος συνολικά	15,9

Πίνακας 4

Βραχυχρόνιες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από σωματίδια στην υγεία - Μελέτες στις ΗΠΑ

Στην Ευρώπη, στα πλαίσια του πολυκεντρικού ερευνητικού προγράμματος APHEA (Air Pollution and Health - a European Approach)²⁹, δημοσιεύτηκαν

σημαντικά στοιχεία για τις επιπτώσεις της ρύπανσης από PM₁₀ και άλλους ρύπους, τα οποία αφορούν 15 ευρωπαϊκές πόλεις. Ο πίνακας 4 που ακολουθεί δίνει τις βραχυχρόνιες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία.

Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα APHEA

<i>Δείκτης υγείας</i>	<i>Αύξηση (%) στο δείκτη υγείας που σχετίζεται με 50 µg/m³ αύξηση στους αντίστοιχους ρύπους</i>				
	<i>Καπνός</i>	<i>PM₁₀</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO₂</i>	<i>O₃</i>
<i>Ολική θνησιμότητα</i>	2,9	2,1	3,5	1,3	2,9
<i>Θνησιμότητα από αναπνευστικά</i>	4	ΜΣ	2	ΜΣ	4
<i>Θνησιμότητα από καρδιαγγειακά</i>	2	1	2	1	2
<i>Εισαγωγές στα νοσοκομεία αναπνευστικών περιστατικών, ηλικίες 15-40 ετών</i>	2	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	3,1

Εισαγωγές στα νοσοκομεία αναπνευστικών περιστατικών, ηλικίες 65+ ετών	ΜΣ	ΜΣ	2	ΜΣ	3,8
Εισαγωγές στα νοσοκομεία με κρίση άσθματος	ΜΣ	-	ΜΣ	2,9	ΜΣ
Εισαγωγές στα νοσοκομεία με παροξύνσεις χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας	3,5	ΜΣ	ΜΣ	1,9	4,3

ΜΣ = Μη Στατιστικά σημαντική αύξηση

Πίνακας 5

Βραχυχρόνιες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από σωματίδια στην υγεία - Μελέτες στην Ευρώπη

Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν ότι η μακροχρόνια αύξηση (τουλάχιστον για ένα έτος) των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ επιφέρει αύξηση της συνολικής θνητότητας κατά 4%, την καρδιοαναπνευστικής θνητότητας (6%) και της θνητότητας από καρκίνο του πνεύμονα κατά 8%.

Δεν έχει επίσης σημασία το αρχικό επίπεδο της ρύπανσης, αν δηλαδή υπάρξει αύξηση από $25 \mu g/m^3$ στα $35 \mu g/m^3$ ή από $60 \mu g/m^3$ στα $70 \mu g/m^3$.

Άλλες μελέτες έδειξαν ότι για κάθε αύξηση $10 \mu g/m^3$ των επιπέδων PM_{10} έχουμε αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομεία ασθενών με άσθμα κατά 2%³⁰.

Σύμφωνα μάλιστα με τη Βρετανική Επιτροπή για τις Επιπτώσεις των Αέριων Ρύπων στην Υγεία (COMEAP), μόνο στη Βρετανία, τα PM10 μπορεί να ευθύνονται για 8.100 πρόωρους θανάτους και 10.500 έκτακτες εισαγωγές σε νοσοκομεία ετησίως.

Τελευταία, κρίσιμα κρίνονται και τα σωματίδια με διάμετρο γύρω στα 2.5 μm (PM2.5) γι' αυτό και σε ορισμένες χώρες, οι μετρήσεις σωματιδίων αφορούν πλέον αυτές τις δύο κατηγορίες (PM₁₀ και PM_{2.5}).

Τελικά ανεξάρτητα από το μέγεθος τους τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ιδιαίτερα βλαβερά για την υγεία και το περιβάλλον.

Τα αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια εισέρχονται όχι μόνο στους πνεύμονες, αλλά και στην κυκλοφορία μέσω του ενδοθηλίου των κυψελίδων, δημιουργώντας προϋποθέσεις για την εμφάνιση καρδιαγγειακών προβλημάτων, όπως δυνητικά θανατηφόρες αρρυθμίες, οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου και πνευμονικό οίδημα, αλλά και προβλήματα με την πάροδο του χρόνου, όπως η χρόνια στεφανιαία νόσος, οι μυοκαρδιοπάθειες κ.α .

Οι παθολογοφυσιολογικοί μηχανισμοί μέσω των οποίων τα μικρά σωματίδια δρουν στο καρδιαγγειακό είναι τρεις.

Ο πρώτος μηχανισμός είναι, μέσω ερεθισμού του πνευμονικού ιστού, ενεργοποίηση του αυτόνομου νευρικού συστήματος της καρδιάς με αποτέλεσμα την εμφάνιση ταχυκαρδίας και την ελάττωση της διακύμανσης της καρδιακής συχνότητας, που έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αρρυθμιών και αιφνίδιου θανάτου, ιδιαίτερα σε ηλικιωμένους ασθενείς .

Ο δεύτερος μηχανισμός είναι η απευθείας δράση στο μυοκάρδιο χωρίς την μεσολάβηση των πνευμόνων, με αποτέλεσμα τη διέγερση του αυτόνομου νευρικού συστήματος και πάλι με τα ίδια αποτελέσματα ως προαναφέρθηκαν.

Ο τρίτος και κύριος μηχανισμός είναι η δημιουργία προϋποθέσεων φλεγμονής είτε μέσω φλεγμονής του ενδοθηλίου των πνευμόνων είτε απευθείας δράση στο μυοκάρδιο. Φαίνεται ότι τα πολύ μικρά σωματίδια (PM2.5) προκαλούν το οξειδωτικό stress σε σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του ενδοθηλίου και την ενεργοποίηση των λευκοκυττάρων και των αιμοπεταλίων.

Οι παραπάνω παθολογοφυσιολογικοί μηχανισμοί οδηγούν σε αθηροσκλήρυνση και στη δημιουργία ασταθούς αθηρωματικής πλάκας, με αποτέλεσμα τη ρήξη της και τη δημιουργία θρόμβου³¹⁻³³.

Ακόμη και η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης ενδεχομένως αυξάνει τον κίνδυνο για εγκεφαλικό επεισόδιο, υποστηρίζουν επιστήμονες από την Σχολή Δημόσιας Υγείας του πανεπιστημίου του Michigan.

Η ερευνητική ομάδα μελέτησε τα δεδομένα μιας επιστημονικής μελέτης (Brain Attack Surveillance, Corpus Christi Project), που εξέταζε τη σχέση των εγκεφαλικών επεισοδίων με την έκθεση στα μικροσωματίδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πρόκειται για μια μελέτη που διήρκησε τέσσερα χρόνια (2001-2005) και διεξήχθη στην περιοχή του νοτιοανατολικού Τέξας, μιας περιοχής όπου υπάρχουν μεγάλες πετρελαϊκές βιομηχανίες.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας οι επιστήμονες συνέλεξαν στοιχεία για τον αριθμό των εγκεφαλικών επεισοδίων που σημειώθηκαν την περίοδο 2001-2005.

Ταυτόχρονα, παρακολούθησαν τις καταγραφές των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τη συγκεκριμένη περίοδο.

Μελετώντας όλα αυτά τα στοιχεία, οι ερευνητές από το πανεπιστήμιο του Michigan κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η έκθεση σε μικροσωματίδια ενδεχομένως αυξάνει τις πιθανότητες εκδήλωσης εγκεφαλικού επεισοδίου, τόσο ισχαιμικού όσο και παροδικού ισχαιμικού, γνωστού και ως «μικρού» εγκεφαλικού επεισοδίου. Παρόμοια συσχέτιση βρέθηκε και με το όζον.

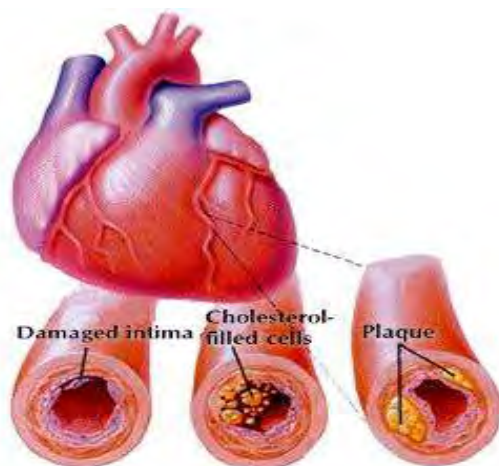
Όπως διαπιστώνετε σε άλλη έρευνα τα αιωρούμενα σωματίδια, αυξάνουν την πηκτικότητα του αίματος και τους παράγοντες φλεγμονής. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί η ατμοσφαιρική ρύπανση σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφράγματος, εγκεφαλικού επεισοδίου, και επιδείνωση αναπνευστικών προβλημάτων.

Συγκεκριμένα η ερευνητική ομάδα εξέτασε την πήξη του αίματος και τις φλεγμονώδεις αντιδράσεις του ανοσοποιητικού ανθρώπινου κύτταρου (και κυρίως τα μακροφάγα κύτταρα) του ομφαλίου λώρου και τα κύτταρα των πνευμόνων, 6 και 24 ώρες μετά την έκθεση σε σωματίδια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παράγοντες πήξεως ήταν αυξημένοι. Το ποσοστό των νεκρών κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος αυξήθηκε επίσης σημαντικά, και η έκθεση στους ρύπους συνοδεύτηκε από αύξηση της φλεγμονώδους δραστηριότητας.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι τα ευρήματά τους δείχνουν ότι τα σωματίδια έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν την κυτταρική λειτουργία, έτσι ώστε να προωθείται η πάχυνση του τοιχώματος των αγγείων συνεπεία της φλεγμονής, και η πήξη του αίματος (εικόνα 4).

Συγκεκριμένα τα λεπτόκοκκα αιωρούμενα εισπνεόμενα σωματίδια μπορούν να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος, και να προκαλέσουν αφ' ενός αύξηση της πηκτικότητας του αίματος και παράλληλα αύξηση της δραστηριότητας των μακροφάγων, παραγόντων φλεγμονής, με αποτέλεσμα να προκαλούν αύξηση της αθηρωματώδους πλάκας στο εσωτερικό του τοιχώματος των αρτηριών.



Εικόνα 4

Διαδικασία αύξησης της αθηρωματικής πλάκας

4.1.6 Βενζόλιο

Το βενζόλιο μπορεί να προκαλέσει χρόνιες παθήσεις όπως καρκίνο, αταξία στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ζημιές στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, ανωμαλίες στην αναπαραγωγή και προβληματικές γεννήσεις. Επίσης λευχαιμία, απλαστική αναιμία, τοξική εγκεφαλοπάθεια (απώλειες μνήμης, αλλαγές προσωπικότητας, ευερεθιστότητα, πρώιμα συμπτώματα κεφαλαλγίας και αδυναμία συγκέντρωσης)

4.1.7 Μόλυβδος

Ο Μόλυβδος συνδέεται με τα ερυθροκύτταρα, μεταφέρεται με το αίμα και αποβάλλεται με χρόνο ημίσειας ζωής 5 εβδομάδων μέσω των νεφρών και της χολής. Ένα μικρό τμήμα εναποτίθεται στα οστά. Ο Μόλυβδος επιτίθεται στον οργανισμό με τρεις τρόπους:

- Στην σύνθεση της αιμοσφαιρίνης
- Στο λείο μυϊκό σύστημα των αγγείων και του γαστροεπτικού και
- Στο νευρικό σύστημα

με αποτελέσματα:

- Υπόχρωμη αναιμία
- Ωχρότητα λόγω συσπάσεων των αγγείων, υπέρταση, κολικοί, δυσκοιλιότητα ναυτία, εμετοί
- Βλάβες στο κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα με εγκεφαλοπάθεια ή πολυνευροπάθεια
- Επιδράσεις στο σύστημα αναπαραγωγής (αποβολές, γεννήσεις νεκρών εμβρύων)

4.2 Ρύποι και νοσήματα

4.2.1 Αναπνευστικές παθήσεις

Οι αναπνευστικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαρτώνται από τον τύπο και την ανάμειξη των ρύπων, τη συγκέντρωσή τους, τη χρονική διάρκεια έκθεσης στον ρύπο, την ποσότητα ρύπου που εισπνέεται και την ποσότητα που διεισδύει στους πνεύμονες.

Ο πιο σημαντικός λόγος για τη συνεχή μείωση των ορίων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι σοβαρές επιπτώσεις τους στην υγεία των παιδιών καθώς και ευπαθών ομάδων πληθυσμού όπως καρδιοπαθείς και άνθρωποι με αναπνευστικά προβλήματα.

Τα ορατά συμπτώματα στην υγεία των πνευμόνων αμέσως μετά από έκθεση σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης περιλαμβάνουν ερεθισμό των αεραγωγών, δύσπνοια και αυξημένη πιθανότητα για κρίση άσθματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ρύποι που μεταφέρεται με την αναπνοή στους πνεύμονες και στη συνέχεια στο αίμα, επηρεάζουν σοβαρά την ομαλή μεταφορά του οξυγόνου και προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα.

Η παρατεταμένη έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους έχει αποδειχτεί ότι αυξάνει την εμφάνιση πνευμονικών νοσημάτων (π.χ. καρκίνος πνεύμονα) (εικόνα 5), και θανάτων από αυτά.



Εικόνα 5

Καρκίνος πνεύμονα

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας επηρεάζει σημαντικά την υγεία των αναπτυσσόμενων βρεφών και των παιδιών.

Η ανασκόπηση ερευνών που έγινε από την Αμερικανική Ακαδημία Παιδιατρικής και άλλους, δείχνει τις ακόλουθες νοσηρές επιδράσεις της ρύπανσης του περιβαλλοντικού αέρα στα παιδιά³⁴:

- επιδεινώνει και αυξάνει το άσθμα
- επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των πνευμόνων και την αναπνευστική λειτουργία.

Συγκεκριμένα το SO₂ επικάθεται στον ρινικό βλεννογόνο όπου λόγω της τοπικής υγρασίας ως ευδιάλυτο και απορροφάται παράγοντας βλέννα, προκαλεί δυσχέρεια της αναπνοής και σε παιδιά μπορεί να προκαλέσει μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων πιθανά συνοδευόμενη από συμπτώματα όπως δύσπνοια, πόνος στο στήθος ή λαχάνιασμα.

Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα σε παιδιά που είναι ασθματικά και κυρίως ασκούμενα στο ύπαιθρο σε περιόδους μεγάλης ρύπανσης.

Οι συνέπειες της έκθεσης είναι βαρύτερες και εντονότερες όταν δρουν συνεργικά με υψηλά ποσοστά αιωρούμενων σωματιδίων.

Στην περίπτωση αυτή, το μικρό ποσοστό που φθάνει στους πνεύμονες προκαλεί καταστροφή των τοπικών αμυντικών μηχανισμών των πνευμόνων και επιβάρυνση της αναπνευστικής λειτουργίας και καρδιακά προβλήματα.

- Αυξάνει τη συχνότητα των ασθενειών που προσβάλλουν το αναπνευστικό σύστημα
- Αυξάνει τον αριθμό των πρόωρων τοκετών
- Αυξάνει τα ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας
- Εμπλέκεται στη γένεση παιδικού καρκίνου λόγω αλλοιώσεων στο DNA των κυττάρων των εμβρύων και των παιδιών

Σε νεογέννητα βρέφη, οι αναπτυσσόμενοι πνεύμονες εκτίθενται σε υψηλό κίνδυνο βλάβης μετά από έκθεση σε περιβαλλοντικές τοξικές ουσίες. Ρύποι όπως το όζον, το διοξείδιο του θείου, τα μικροσωματίδια και τα οξείδια του αζώτου οδηγούν σε αναπνευστικά προβλήματα συμπεριλαμβανομένης της αύξησης κρουσμάτων άσματος, προβλήματα στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα, δυσλειτουργία των πνευμόνων και αλλεργίες διαφόρων τύπων.

Τα βρέφη που μεγαλώνουν σε περιοχές με πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πιθανότερο να εμφανίσουν προβλήματα βρογχίτιδας σε σύγκριση με τα βρέφη που ζουν σε πιο καθαρό περιβάλλον.

Διαπιστώθηκε ότι, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, ή ΡΑΗ, συνδέονται άμεσα με τις βρογχίτιδες που παρουσιάζουν τα βρέφη από τα δύο έως τα 4,5 χρόνια τους³⁵.

Η έρευνα είναι από τις πρώτες που εστιάζονται στις επιπτώσεις των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, που παράγονται από την καύση καυσίμων που περιέχουν άνθρακα, όπως το ξύλο, το κάρβουνο, το πετρέλαιο ή ο καπνός.

Στο πλαίσιο της παραπάνω έρευνας εξετάστηκαν τα ιατρικά δεδομένα 1.133 παιδιών ηλικίας έως 4,5 ετών σε δύο περιοχές της Τσεχικής Δημοκρατίας, από το 1994 έως το 1998. Η μία περιοχή είναι το Τέπλιτσε, με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η άλλη το Πρατσάτιτσε, όπου η ατμόσφαιρα δεν είναι τόσο επιβαρυνμένη.

Οι επιστήμονες παρατήρησαν επίσης ότι και σε πολλές άλλες περιοχές τη Ευρώπης και των ΗΠΑ, τα κρούσματα βρογχίτιδας παρουσιάζουν αύξηση στη διάρκεια του χειμώνα, όταν οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το ξύλο ως καύσιμο για τη θέρμανση.

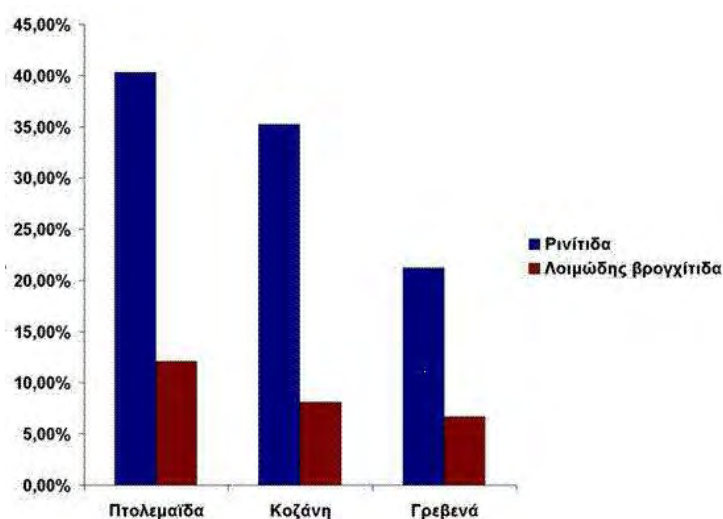
Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης αναφέρεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκε αύξηση κατά 56% των κρουσμάτων βρογχίτιδας σε βρέφη και νήπια, που μεγαλώνουν σε περιοχές με υψηλά επίπεδα ΡΑΗ στην ατμόσφαιρα.

Στα παιδιά, η μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου, ο ταχύτερος αναπνευστικός τους ρυθμός και οι ανατομικές ιδιαιτερότητες τους καθιστούν τον παιδικό πνεύμονα πιο ευάλωτο στη ρύπανση από αυτόν του ενήλικα.

Το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, ο καπνός και το όζον σε πολλά μεγάλα αστικά κέντρα ξεπερνούν από δύο ως και οκτώ φορές τα επιτρεπτά όρια που έχει θέσει η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας. Σύμφωνα με έρευνα, η κύρια αιτία των αναπνευστικών προβλημάτων είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η έρευνα αφορούσε 228 άτομα, τα οποία είχαν εισαχθεί σε νοσοκομεία με έντονα αναπνευστικά προβλήματα. Τα άτομα είχαν αυξημένη δραστηριότητα στο εξωτερικό ρυπασμένο περιβάλλον της πρωτεύουσας τις τελευταίες 48 ώρες πριν από την εκδήλωση των συμπτωμάτων³⁶.

Από τη σύγκριση των διαγνωστικών κατηγοριών όπως πνευμονία, λαρυγγίτιδα, ασθματική βρογχίτιδα και άσθμα προέκυψε ότι εκείνα που εισήχθησαν για άσθμα είχαν εκτεθεί σε έντονες δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους για μεγαλύτερη περίοδο από εκείνα που εισήχθησαν με πνευμονία³⁷.

Οι επιδημιολογικές έρευνες στην Κοζάνη και την Πτολεμαΐδα μπορούν να προσφέρουν θλιβερά συμπεράσματα με αυξημένη συχνότητα παθήσεων αναπνευστικού σε παιδιά από μελέτη που έγινε σε 3.559 άτομα, ηλικίας 9-12 σε αυτές τις περιοχές (διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5

Συχνότητα παθήσεων αναπνευστικού

Στην Ευρώπη η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για 7%-10% των μολύνσεων του αναπνευστικού³⁸.

Επιπρόσθετα ο πληθυσμός των παιδιών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η ιδιαίτερη επίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρουσιάζεται οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους:

- (α) τα παιδιά παρουσιάζουν αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα και
- (β) το νευρικό, το αναπνευστικό και το αναπαραγωγικό σύστημα των παιδιών, δεν είναι πλήρως αναπτυγμένα.

Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το περιβάλλον και την υγεία στην Ευρώπη, ένα στα επτά άτομα προσβάλλεται από άσθμα.

Το άσθμα προσβάλλει περισσότερο τα άτομα της δυτικής Ευρώπης συγκριτικά με εκείνα της Ανατολικής Ευρώπης (δεκαπλάσια επίπτωση). Άτομα που ήδη πάσχουν από άσθμα και ζουν σε περιοχές με αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση (ειδικά από οξείδια του αζώτου, όξινους ατμούς και μικροσωματίδια) παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα ανάπτυξης συμπτωμάτων βρογχίτιδας.

Συγκεκριμένα σε μελέτη³⁹ που εξετάστηκαν χωριστά τα άτομα μέχρι την ηλικία των 14 ετών παρατηρήθηκε ότι η νοσηρότητα λόγω αναπνευστικών παθήσεων εμφανίζει υψηλές θετικές συσχετίσεις, στατιστικά σημαντικές, με τα επίπεδα των PM₁₀, CO, NO₂, SO₂.

Άσθμα, αλλεργίες καθώς και άλλα αναπνευστικά νοσήματα αυξάνουν

□

ολοένα και περισσότερο και αποτελούν ένα από τα κυριότερα αίτια εισαγωγής στα νοσοκομεία.

Στην Ελλάδα παρατηρείται αύξηση της συχνότητας περιπτώσεων άσθματος τα τελευταία 10 χρόνια. Έρευνες από το 1988 και το 2002 έχουν ήδη δείξει πολύ ανησυχητικά αποτελέσματα, όπως ότι περίπου το 10% των ατόμων που κατοικούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας πάσχουν από άσθμα (το ποσοστό το 1988 ήταν 4%), ενώ στη Θεσσαλονίκη το αντίστοιχο ποσοστό φτάνει στο 11,7%.

Σε μελέτη⁴⁰ που πραγματοποιήθηκε από ομάδα επιστημόνων του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου Κρήτης μελετήθηκαν 100 παιδιά ηλικίας ενός έως 14 ετών, τα οποία έπασχαν από άσθμα και ζούσαν σε αγροτικές περιοχές της Κρήτης και 100 ακόμη ασθματικά παιδιά, τα οποία έμεναν σε αστικές περιοχές της Κρήτης.

Τα αποτελέσματά της δείχνουν τα εξής: Το 80% των ασθματικών παιδιών που εξετάστηκαν, τα οποία ζουν σε αστικό περιβάλλον, εμφανίζουν τιμές αλλεργικής αντίδρασης (IgE) πάνω από τις φυσιολογικές, όταν το αντίστοιχο ποσοστό στα παιδιά που μένουν σε αγροτικές περιοχές είναι 63%.

Ευαισθησία σε ένα ή περισσότερα αλλεργιογόνα είχαν το 56% των παιδιών της πόλης και το 41% των παιδιών από τις αγροτικές περιοχές. Τα πιο συχνά αλλεργιογόνα στα οποία είχαν ευαισθησία τα παιδιά των αστικών περιοχών ήταν τα ακάρεα της οικιακής σκόνης, τα ζώα και οι μύκητες. Στα παιδιά των αγροτικών περιοχών εντοπίστηκαν συχνότερα το φυτοαλλεργιογόνο παριετάρια.

Η παρουσία άσθματος στο οικογενειακό ιστορικό των ανθρώπων δεν φαίνεται να διαδραματίζει κάποιο σημαντικό ρόλο, καθώς δεν εμφάνιζε σημαντική διαφορά στους αστικούς και τους αγροτικούς πληθυσμούς (62% και 66% αντίστοιχα).

Μετά την αξιολόγηση των ευρημάτων, η ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου Κρήτης καταλήγει στο συμπέρασμα ότι πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο οικογενειακό ιστορικό για άσθμα μεταξύ των αστικών και των αγροτικών πληθυσμών. Το περιβάλλον των σύγχρονων πόλεων -σημειώνουν- αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης αλλεργίας, η οποία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην εκδήλωση άσθματος.

Οι αλλεργίες συμπεριλαμβάνονται στις άμεσες επιπτώσεις της ρύπανσης και χαρακτηρίζονται από ήπιες μορφές όπως ενοχλήσεις στα μάτια (ερεθισμό, ερύθυμα), ρινίτιδα, ενοχλήσεις στο λαιμό, πονοκεφάλους, ζαλάδες και κόπωση. Στη συνέχεια οι αλλεργίες μπορούν να εξελιχθούν σε πιο σοβαρές μορφές που απαιτούν άμεση ιατρική περίθαλψη.

Φαίνεται λοιπόν ότι ρύποι που αφθονούν στον αέρα των αστικών περιοχών, όπως σωματίδια του άνθρακα από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, δρουν και ως ανοσοενισχυτές, αφού προάγουν την IgE -μεσολαβούμενη αλλεργική αντίδραση και επακόλουθη αλλεργική φλεγμονή κατά μήκος των βλεννογόνων του αναπνευστικού, μέσω πολλαπλών μηχανισμών. Επί πλέον υπάρχει σαφής ένδειξη ότι αλληλοεπιδρούν με τα αλλεργιογόνα του ατμοσφαιρικού αέρα και επαυξάνουν την αλλεργιογόνο δράση τους

Τα παιδιά είναι τα πρώτα θύματα του όζοντος. Η έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σημαντικές προσωρινές μειώσεις στην ικανότητα των πνευμόνων να λειτουργήσουν κανονικά⁴¹.

Ο οργανισμός τους υποφέρει περισσότερο απ'αυτόν των ενηλίκων. Αυτό οφείλεται τόσο στην παιδική φυσιολογία, όσο και στη διαφορετική συμπεριφορά των παιδιών, η οποία εκ των πραγμάτων επιβάλλει μεγαλύτερη κινητικότητα.

Συγκεκριμένα, τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα στη ρύπανση από όζον διότι:

- Περνούν περισσότερο χρόνο σε ανοιχτούς χώρους απ'ότι οι ενήλικες, ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες (οπότε και τα επίπεδα όζοντος είναι υψηλότερα).
- Τα παιδιά αναπνέουν περισσότερους αέριους ρύπους από τους ενήλικες. Οι απαιτήσεις τους σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερες και εισπνέουν αναλογικά περισσότερο αέρα ανά λεπτό. Ακόμα και όταν αναπαύεται, ένα παιδί εισπνέει τόσο αέρα, όσο ένας ενήλικας σε ώρα έντονης εργασίας.
- Τα παιδιά είναι σαφώς πιο κινητικά. Ένα παιδί δύο ετών κινείται όσο και ένας αθλητής.
- Η φυσιολογία των παιδιών και κυρίως το γεγονός ότι η απόσταση από τον λάρυγγα ως τις πνευμονικές κυψελίδες είναι μικρότερη, επιτρέπουν στο όζον και στους άλλους τοξικούς ρύπους να φθάσουν γρηγορότερα στον οργανισμό.
- Επειδή οι αναπνευστικές δίοδοι των παιδιών είναι στενότερες, οι επιπτώσεις από την έκθεση σε όζον είναι σοβαρότερες.
- Το ανοσοποιητικό σύστημα των παιδιών είναι λιγότερο αναπτυγμένο από των ενηλίκων και αυτό τα καθιστά περισσότερο ευάλωτα στη ρύπανση.
- Τα παιδιά αντιδρούν κατά κανόνα ευκολότερα και γρηγορότερα σε αλλεργικές παθήσεις που σχετίζονται με αέριους ρύπους.

Τα παιδιά, ιδιαίτερα αυτά που υποφέρουν από άσθμα, τίθενται περισσότερο σε κίνδυνο από την έκθεση στο όζον

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 1995 στο Μεξικό έδειξε ότι, μια αύξηση κατά $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ των επιπέδων του όζοντος στην ατμόσφαιρα, επέφερε αύξηση κατά 43% των περιπτώσεων νοσηλίας ατόμων πασχόντων από άσθμα⁴².

Όταν τα επίπεδα του όζοντος ξεπέρασαν τα $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για δύο συνεχόμενες μέρες, ο αριθμός των εισαγωγών ατόμων με άσθμα αυξήθηκε κατά 133%.

Όσο πιο μικρής ηλικίας ήταν τα άτομα, τόσο μεγαλύτερο ήταν το πρόβλημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω επίπεδα όζοντος είναι συνήθη σε μερικές περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης.

Πρόσφατα ευρήματα από μελέτη των Pierse et al.⁴³, που διεξήχθη στο Λονδίνο δείχνουν ότι η λειτουργία των πνευμόνων των παιδιών είναι 5% χαμηλότερη από τον εθνικό μέσο όρο.

Και το 7% των παιδιών που εξετάζονται σε περιοχές έξω από τη πόλη, έχουν μειωμένη την ικανότητα των πνευμόνων σε επίπεδο που θεωρείται διεθνώς επικίνδυνο.

Οι Άγγλοι επιστήμονες, μέτρησαν την συγκέντρωση των ουσιών σε φύλλα δέντρων που βρίσκονται στο ίδιο ύψος με αυτό των παιδιών. Ανακάλυψαν ότι η μόλυνση είναι σε πιο υψηλά επίπεδα απ' ό,τι η μόλυνση που μετρείται από τις ειδικές συσκευές (που τοποθετούνται ψηλότερα). Οι τακτές μετρήσεις σε 203 παιδιά έδειξαν ότι η λειτουργία των πνευμόνων τους έχει μειωθεί σε ανησυχητικά επίπεδα τα οποία συνδέονται με μελλοντικές αναπνευστικές αρρώστιες όπως το άσθμα.

Έχει αποδειχθεί ότι τα παιδιά που ζουν κοντά σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας έχουν συχνότερες λοιμώξεις του αναπνευστικού τους συστήματος, συχνότερες επισκέψεις στα νοσοκομεία λόγω αναπνευστικών προβλημάτων, ενώ υπολογίζεται ότι θα χάσουν τουλάχιστον το 5% της αναπνευστικής τους λειτουργίας.

Σύμφωνα με έρευνα της Βασιλικής Επιτροπής Περιβαλλοντικής Ρύπανσης τα άτομα που ζουν σε απόσταση μικρότερη των 500 μέτρων από κεντρικές οδικές αρτηρίες πάσχουν από χρόνια και μη αναστρέψιμη καταστροφή των πνευμόνων,

ενώ έχουν μικρότερο προσδόκιμο ζωής κυρίως λόγω της έκθεσής τους στους διάφορους αέριους ρύπους που εκπέμπουν τα αυτοκίνητα.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η λειτουργία των πνευμόνων βελτιώθηκε σε άτομα που απομακρύνθηκαν από περιοχές με υψηλή σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε σχέση με αυτά που παρέμειναν.

Σύμφωνα με άλλη μελέτη, η διαβίωση κοντά σε πολυσύχναστες οδικές αρτηρίες μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των πνευμόνων⁴⁴.

Ερευνητές του Πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνια έθεσαν υπό ιατρική παρακολούθηση 3.677 ατόμων, από την ηλικία των 10 ετών μέχρι που συμπλήρωσαν και το 18ο έτος ζωής, οπότε και οι πνεύμονες έχουν πλέον αναπτυχθεί πλήρως.

Τα άτομα που ζούσαν εντός 500 μέτρων από έναν αυτοκινητόδρομο είχαν εκπρωτική πνευμονική λειτουργία σε ηλικία 18 ετών από τα άτομα που ζούσαν σε ακτίνα 1.500 μέτρων ή και περισσότερο από τον δρόμο, ακόμα και όταν ελήφθησαν υπόψη παράγοντες όπως το κάπνισμα εντός της οικογενειακής εστίας.

Βέβαια, ο κίνδυνος είναι σαφώς μεγαλύτερος για τα άτομα που ζουν στα μεγάλα αστικά κέντρα και κοντά σε οδικές αρτηρίες, καθώς η αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση επιβαρύνει την πνευμονική λειτουργία.

Οι ειδικοί δεν γνωρίζουν πως ακριβώς η ατμοσφαιρική ρύπανση επιβραδύνει την ανάπτυξη των πνευμόνων, αλλά πιστεύουν ότι η πνευμονική φλεγμονή ως ανταπόκριση στον καθημερινό ερεθισμό που προκαλούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, παίζει καθοριστικό ρόλο.

4.2.2 Αλλεργίες

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί δραματική αύξηση του επιπολασμού και της νοσηρότητας από τις αλλεργικές παθήσεις (όπως αλλεργική ρινοεπιπεφυκίτις, άσθμα και ατοπική δερματίτις), στις καλούμενες «Δυτικού» τύπου κοινωνίες. Το 22% του παγκόσμιου πληθυσμού πάσχει από κάποιο είδος αλλεργίας ενώ οι αλλεργίες προκαλούν το θάνατο 180.000 ανθρώπων κάθε χρόνο, παγκοσμίως.

Έχουν παρατηρηθεί μεταβολές την τελευταία 25ετία στον επιπολασμό του άσθματος στα παιδιά από 4,1% στο 12%, της αλλεργικής ρινίτιδας από 3,2% στο 11,9% και της ατοπικής δερματίτιδας (βρεφικού εκζέματος) από 5,3% στο 12%⁴⁵. Γενετικού τύπου μεταβολές δεν έχουν συμβεί σε τόσο σύντομο διάστημα σε αυτές τις κοινωνίες που να δικαιολογούν την αύξηση του επιπολασμού.

Κατά συνέπεια περιβαλλοντικοί παράγοντες διαδραματίζουν τον πρωταγωνιστικό ρόλο. Το βασικό ζητούμενο είναι η ταυτοποίηση των παραγόντων αυτών, αλλά και η ποσόστωση ευθύνης ενός εκάστου. Χωρίς αμφιβολία πρόκειται για ένα πολυπαραμετρικό μοντέλο αιτιολογικών παραγόντων και σε αυτό έχουν συμπεριληφθεί οι ατμοσφαιρικοί ρύποι του *έξω-οικιακού*, αλλά και του *ενδό-οικιακού* περιβάλλοντος. Έρευνες έχουν δείξει ότι υπεύθυνες για τη συχνότητα των κοινών αλλεργικών παθήσεων είναι και οι αλλαγές στο αστικό και αγροτικό περιβάλλον. Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των αλλεργικών διαταραχών. Τα πιο σημαντικά συστατικά αυτής της ρύπανσης θεωρείται ότι είναι τα υψηλά επίπεδα διοξειδίου του αζώτου, λόγω, κυρίως, των εκπομπών των πετρελαιοκίνητων μηχανών.

Κύρια υπεύθυνη της επιδημίας αλλεργιών που παρατηρείται στις ημέρες μας είναι επίσης η ρύπανση της ατμόσφαιρας στους εσωτερικούς χώρους. Η ανάγκη για συντήρηση της ενέργειας έχει οδηγήσει σε αλλαγή των συνθηκών μέσα στο σπίτι, καθώς τα σπίτια στο παρελθόν αερίζονταν περισσότερο. Επιπλέον, τα περισσότερα σπίτια έχουν πιο μαλακά έπιπλα και μοκέτες, που δημιουργούν από κοινού ένα ιδεώδες περιβάλλον για τα ακάρεα της οικιακής σκόνης και την επικράτηση αλλεργιογόνων από κατοικίδια ζώα, του καπνού από τσιγάρα και της αιθάλης και ατμών από χημικές ουσίες και σπρέι για οικιακή χρήση. Αυτό το μείγμα αλλεργιογόνων και ερεθιστικών ουσιών στο μη εξαεριζόμενο οικιακό

περιβάλλον είναι, κατά πάσα πιθανότητα, ο κυριότερος υπεύθυνος για την ταχεία αύξηση των αλλεργικών νόσων.

Σε μια μεγάλη ευρωπαϊκή μελέτη, έχει υπολογισθεί παλαιότερα, ότι στην Ευρώπη αύξηση του SO₂ και PM₁₀ στα επίπεδα 50 μgr/m³ συσχετίζεται με 3% περίπου αύξηση της ημερήσιας θνησιμότητας⁴⁶.

Οι αλλεργίες είναι πιο συχνές στους ενήλικους και στα παιδιά που ζουν σε ακτίνα 100 μέτρων από τους πολυσύχναστους δρόμους και τα άτομα εκείνα που υποφέρουν από άσθμα και αλλεργική ρινίτιδα μπορεί να αισθάνονται χειρότερα τις ημέρες με υψηλή ατμοσφαιρική ρύπανση.

Παρά το γεγονός ότι η προδιάθεση για αλλεργία κληρονομείται, σημαντικός είναι ο ρόλος του περιβάλλοντος. Η αυξανόμενη ανώμαλη αλλεργική αντίδραση του ανοσοποιητικού του σύγχρονου ανθρώπου σε πολλές ουσίες φέρεται να είναι το τίμημα της κακής διατροφής και της αύξησης των χημικών και ερεθιστικών παραγόντων που η βιομηχανοποίηση άθροισε στο περιβάλλον, σε συνδυασμό με τη μειωμένη εκγύμναση του ανοσοποιητικού συστήματος από τη γέννηση απέναντι σε φυσικά αλλεργιογόνα λόγω της τεχνητής διαμόρφωσης ενός υπερπροστατευτικού αποστειρωμένου από μικρόβια περιβάλλοντος στην οικογένεια και στον κοινωνικό μικρόκοσμο του βρέφους. Η βρεφική και παιδική ηλικία είναι καθοριστικής σημασίας, σύμφωνα με μελέτες, για την εγκαθίδρυση μιας υγιούς ανοσολογικής απάντησης στον αναπτυσσόμενο οργανισμό.

Συγκεκριμένα, μητέρες που καπνίζουν, κάνουν χρήση φαρμάκων ή αντιβιοτικών κατά την κύηση έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να κάνουν παιδιά με αλλεργικές παθήσεις. Η πλούσια σε λιπαρά διατροφή, με χαμηλή περιεκτικότητα σε φρούτα, λαχανικά, φυσικά αντιοξειδωτικά και βιταμίνη Ε, κατά την κύηση, έχει συνδεθεί με μεγαλύτερη επίπτωση αλλεργιών στα βρέφη και παιδιά. Ο μητρικός θηλασμός ασκεί προστατευτική επίδραση.

Η έκθεση σε απλούς ιούς και μικρόβια, κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας στην οποία το ανοσοποιητικό σύστημα διαμορφώνεται, είναι κρίσιμη για την εγκατάσταση ομαλής ανοσοποιητικής απάντησης που θα συνοδεύει τον άνθρωπο σε όλη του τη ζωή. Η μικρότερη επίπτωση αλλεργιών που παρατηρείται σε πολύτεκνες οικογένειες, ιδιαίτερα στα μικρότερα παιδιά, έχει

αποδοθεί στην αυξημένη έκθεσή τους σε κοινούς ιούς και απλά μικρόβια από τα μεγαλύτερα αδέρφια.

Ο παθοφυσιολογικός μηχανισμός μέσω του οποίου είναι δυνατόν οι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές να προκαλέσουν αύξηση του επιπολασμού των αλλεργικών παθήσεων, είναι λογικά: α) είτε αυξάνοντας τον επιπολασμό της ατοπίας (ανοσοενίσχυση της παραγωγής IgE-αντισωμάτων), ή β) προκαλώντας νόσο σε ασυμπτωματικά ατοπικά άτομα (δηλαδή άτομα ήδη ευαισθητοποιημένα σε κάποια αλλεργιογόνο που δεν εμφανίζουν κλινική νόσο), δρώντας στην ουσία ως εκλυτικοί παράγοντες. Ποιό από τα δύο συμβαίνει (ή και τα δύο) δεν έχει μέχρι σήμερα αποσαφηνισθεί. Από τα υπάρχοντα δεδομένα έχει μερικώς ή πλήρως τεκμηριωθεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση σε συνάρτηση με τους αεραγωγούς μπορεί να προκαλέσει:

- 1) Άμεση ερεθιστική δράση σε άτομα με Βρογχική Υπεραπαντητικότητα
- 2) Πρόκληση φλεγμονής
- 3) Τοξική δράση και μετά πρόκληση φλεγμονής
- 4) Ανοσοτροποποίηση
- 5) Ανοσοενισχυτική δράση στην ευαισθητοποίηση ατόμων με γενετική προδιάθεση
- 6) Μορφολογική τροποποίηση των εξωοικιακών αλλεργιογόνων

Από τις πρώτες κλασσικές μελέτες είναι των Ishizaki κ.α., από την Ιαπωνία το 1987, οι οποίοι παρατήρησαν ότι άτομα που ζούσαν κατά μήκος δρόμου αυξημένης κίνησης με δενροστοιχία κέδρων εμφάνιζαν επιπολασμό αλλεργικής ρινοεπιπεφυκίτιδας 13,2% έναντι 5,1% των ατόμων που ζούσαν σε περιοχές με κέδρους και ίδια πυκνότητα γύρης, αλλά χωρίς ρύπανση⁴⁷.

Αρχικές μελέτες από την Γερμανία από τους von Mutius κ.α. έδειξαν ότι οι αλλεργικές παθήσεις ήταν πιο συχνές στη Δυτική Γερμανία συγκριτικά με την Ανατολική και υπέθεσαν ότι αυτό μπορεί να οφείλεται στη διαφορετικού τύπου ατμοσφαιρική ρύπανση μεταξύ των δύο τότε χωρών⁴⁸. Μετέπειτα μελέτες έδειξαν ότι ενώ ο επιπολασμός των αλλεργικών παθήσεων παρέμεινε σταθερός στο Αμβούργο (Δυτική Γερμανία), άρχισε να αυξάνεται σημαντικά στο Erfurt (Ανατολική Γερμανία)⁴⁹. Τελικά όλες οι διαφορές εξαφανίστηκαν λίγα χρόνια μετά την ενοποίηση της Γερμανίας και το γεγονός απεδόθη τόσο στην αλλαγή

της εξωοικιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αλλά κυρίως στην αλλαγή του συνολικού προτύπου διαβίωσης⁵⁰.

Οι Kramer κ.α. στη Γερμανία μελέτησαν 317 παιδιά ηλικίας 9 ετών που ζούσαν σε 2 αστικές περιοχές με υψηλή ρύπανση και σε προάστιο με χαμηλή ρύπανση. Για κάθε περιοχή μελετήθηκε το NO₂ (καλός δείκτης για την κυκλοφοριακή φόρτιση, γίνονταν μετρήσεις και έξω από κάθε σπίτι) και διαπίστωσαν συσχέτιση των υψηλών τιμών με υψηλό επιποτασμό ατοπίας, odds ratio = 1,81 (1,02-2,31)⁵¹.

Η μελέτη SCARPOL στην Ελβετία έδειξε το εντυπωσιακό ότι τα παιδιά των γεωργών εμφανίζουν μέχρι και 50% μειωμένη πιθανότητα ευαισθητοποίησης, αλλά και εμφάνιση εποχιακής αλλεργιακής ρινίτιδας⁵². Σε αντίθεση, στη Νορβηγία, σε ορηνή, ξηρή και χωρίς ρύπανση περιοχή, όλα τα παιδιά ηλικίας 7-16 ετών εμφανίζουν επιπολάσιμο υψηλό άσθματος 10,2%. Πιθανό αίτιο κατά τους συγγραφείς τα οικόσιτα ζώα⁵³.

Ενδιαφέρουσα είναι και η μελέτη σε δύο αρκτικές περιοχές, στο Nickel της Ρωσίας (υψηλή ρύπανση) και στο Sor-Varanger της Νορβηγίας (χαμηλή ρύπανση), μελέτη η οποία έδειξε ότι ο επιπολασμός αλλεργικών παθήσεων στη Νορβηγία ήταν περισσότερο από διπλάσιος από ότι στη Ρωσία με την υψηλή ρύπανση (25,2% έναντι 11,2 αντίστοιχα)⁵⁴.

Μια σειρά από προτότυπες μελέτες προέρχονται από την Μελβούρνη της Αυστραλίας⁵⁵ που αποδεικνύουν ότι δεν έχει σημασία η συσχέτιση πυκνότητας γύρεων στην ατμόσφαιρα με τα κλινικά συμπτώματα, διότι η αλληλεπίδραση των ρυπαντών με τα αεροαλλεργιογόνα οδηγεί στην δημιουργία μικροσωματιδίων με αλλεργιογονικής δράση.

Τα συμπεράσματα της ομάδας αυτής είναι συνοπτικά:

1. Υπάρχουν στην ατμόσφαιρα εισπνεόμενα σωματίδια από τις γύρεις αγρωστωδών και σημύδας, μικρής διαμέτρου (<7,2μ) περιέχοντα τα μείζονα αλλεργιογόνα
2. Τα σωματίδια αυτά έχουν την δυνατότητα σύζευξης με σωματίδια από καυσαέρια του diesel
3. Τα σωματίδια από τις γύρεις δεν σχετίζονται πάντοτε με την πυκνότητα των γύρεων στην ατμόσφαιρα, αλλά μετά από ήπια βροχόπτωση τα σωματίδια αυξάνονται απότομα και δυσανάλογα με την πυκνότητα των γύρεων.

4.2.3 Νευρολογικές παθήσεις

Ενώ η επίδραση της ρύπανσης στην καρδιαγγειακή και αναπνευστική υγεία έχει ερευνηθεί εκτενώς, λιγότερα είναι γνωστά σχετικά με το πώς η εισπνοή ρυπογόνου αέρα μπορεί να επηρεάσει τον εγκέφαλο.

Σε μελέτη των Suglia et al.⁵⁶, εξετάστηκαν 202 άτομα που έλαβαν μέρος σε έρευνα για το κάπνισμα των μητέρων.

Συσχέτισαν πολλές παραμέτρους νοητικών λειτουργιών με την έκθεση των ατόμων σε μαύρο άνθρακα, συστατικό που εκλύεται από την εξάτμιση των αυτοκινήτων και φορτηγών και ιδιαιτέρως των πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

Όσο μεγαλύτερη ήταν η έκθεση των ατόμων στον μαύρο άνθρακα τόσο χαμηλότερες αποδόσεις είχαν στα τεστ ικανοτήτων.

Η σχέση παρέμενε και αφού έλαβαν υπόψη οι ερευνητές παράγοντες όπως την εκπαίδευση των γονέων, το βάρος στη γέννηση και την έκθεση στον καπνό.

Για παράδειγμα, η μεγάλη έκθεση σε μαύρο άνθρακα σχετίστηκε με πτώση 3.4 μονάδων στο IQ, κατά μέσον όρο. Τα άτομα που είχαν εκτεθεί σε υψηλό βαθμό, παρουσίαζαν και χαμηλότερο σκορ σε εξετάσεις λεξιλογίου, μνήμης και μάθησης.

Η έρευνα υποδεικνύει ότι η ρύπανση μπορεί να έχει επιβλαβή επίδραση στην υγεία προκαλώντας φλεγμονή και οξειδωτικές βλάβες στον εγκέφαλο.

Σε εξέλιξη βρίσκονται νέες έρευνες για την επίδραση της ρύπανσης στην εξέλιξη των πνευματικών ικανοτήτων στα παιδιά και στη νοητική εξασθένηση των ανθρώπων όλων των ηλικιών, όπως και για το αν η έκθεση μπορεί να προκαλεί ή να επιταχύνει την εκφύλιση του εγκεφάλου σε ασθένειες όπως η νόσος του Πάρκινσον και το Alzheimer.

Στο πλαίσιο μελέτης⁵⁷, του Κέντρου Παιδικής Περιβαλλοντικής Υγείας του Πανεπιστημίου Κολούμπια, εξετάστηκαν 249 παιδιά γυναικών που ζούσαν στη Νέα Υόρκη, οι οποίες φορούσαν μετρητές της μόλυνσης του αέρα (κυρίως λόγω εξατμίσεων των οχημάτων) κατά τους τελευταίους μήνες της εγκυμοσύνης τους.

Στη συνέχεια, μετά από διάστημα πέντε ετών, τα παιδιά των μητέρων αυτών υποβλήθηκαν σε τεστ νοημοσύνης και διαπιστώθηκε ότι αυτά που κατά την εγκυμοσύνη ήταν εκτεθειμένα στη χειρότερη ρύπανση ήταν αυτά που κατά μέσο όρο σημείωσαν χαμηλότερες επιδόσεις, σε σχέση με τα παιδιά που είχαν εκτεθεί σε λιγότερη ατμοσφαιρική ρύπανση.

Διάφορα παράγωγα επιβλαβών και τοξικών ρύπων δημιουργούν προβλήματα.

Ο μόλυβδος επηρεάζει σοβαρά το νευρικό σύστημα και είναι ιδιαίτερα επιβλαβής κατά τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης του ατόμου.

Επιπλέον ταυτοποιήθηκαν 55 τοξικά παράγωγα που αποδεδειγμένα επηρεάζουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος των. Από αυτά τα παράγωγα, οι 24 ουσίες σύμφωνα με την EPA (environmental protection agency) που έκανε την μελέτη χαρακτηρίζονται σαν αποδεδειγμένα (μερικές από αυτές) και άλλες σαν πιθανές καρκινογόνες ουσίες⁵⁸.

Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλεφθούν και οι σημαντικότερες για την κοινωνικο-συναισθηματική ανάπτυξη και εξέλιξη του ατόμου, και ιδιαίτερα των παιδιών, ψυχολογικές προεκτάσεις.

Οι περιβαλλοντολογικές αλλαγές δημιουργούν έναν νέο ψυχισμό στον άνθρωπο, ο οποίος κυριεύεται από το «περιβαλλοντικό άγχος» (αίσθημα συνωστισμού, θόρυβος, ρύπανση, φόβος για την υγεία).

Τα νέα γεγονότα επηρεάζουν τις αναπαραστάσεις και τη φαντασία του ατόμου, καθώς και την κατανόησή του για τον κόσμο. Ακόμα και η οσμή ενός ρυπογόνου στοιχείου οδηγεί σε δραστικές αλλαγές της διάθεσης, ανεξαρτήτου νευρολογικών προβλημάτων, επιθετικότητα, ευερεθιστότητα, απόσυρση και «τραυματισμό» των διαπροσωπικών σχέσεων.

Τεστ που έγιναν σε άτομα που μεγαλώνουν σε περιοχές με ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν σαφή ως προς την αλλοίωση των ψυχικών και διανοητικών λειτουργιών των ατόμων.

Χαμηλές επιδόσεις ιδιαίτερα σε ασκήσεις ανάγνωσης, μειωμένη ικανότητα συγκέντρωσης, διάσπαση προσοχής, δυσκολία προσδιορισμού λέξεων, αλλά και

χαμηλότερο σκορ σε τεστ νοημοσύνης είναι εμφανή σε άτομα που δέχονται αυξημένη περιβαλλοντική ρύπανση.

Επίσης αυξανόμενος είναι ο αριθμός των παιδιών με το σύνδρομο Ελλειμματικής Προσοχής/Υπερκινητικότητας (ADHD), καθώς και των ατόμων που απομονώνονται κοινωνικά και βιώνουν καταθλιπτικά συναισθήματα σε επιβαρυνμένες από την ρύπανση του αέρα περιοχές.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση λοιπόν, επιφέρει και αλλαγή των ψυχολογικών λειτουργιών, η οποία είναι εξίσου αληθινή και σημαντική με τις βιολογικές επιπτώσεις.

4.2.4 Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια

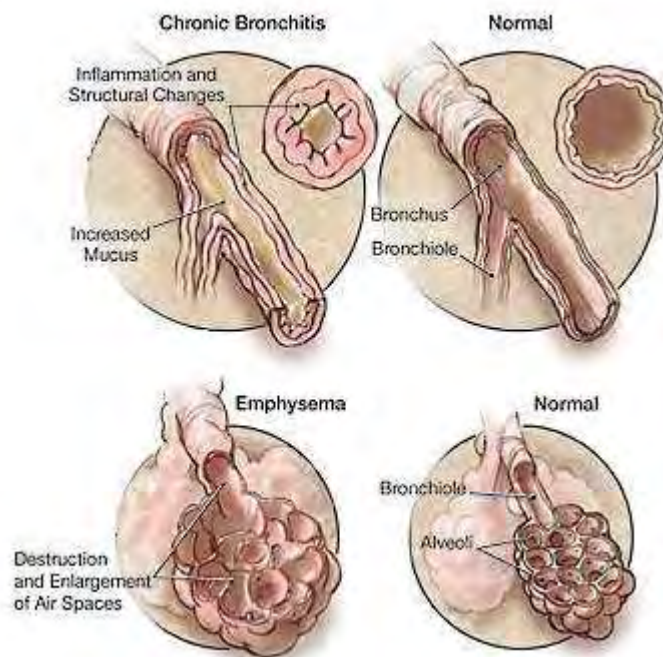
Η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)⁵⁹ είναι μια εξελισσόμενη και μη πλήρως αναστρέψιμη νοσολογική κατάσταση που περιλαμβάνει δυο παθήσεις των πνευμόνων, τη χρόνια βρογχίτιδα και το εμφύσημα. Και οι δυο καταστάσεις προκαλούν απόφραξη στους σωλήνες απ' τους οποίους διέρχεται ο αέρας που εισπνέουμε και εκπνέουμε. Πολύ συχνά οι δυο αυτές νόσοι συνυπάρχουν στον ίδιο ασθενή, γι' αυτό τους έχει δοθεί κοινή ονομασία (ΧΑΠ).

Αναλύοντας την κάθε πάθηση ξεχωριστά:

- Η χρόνια βρογχίτιδα είναι η φλεγμονή στους σωλήνες του αναπνευστικού που ονομάζονται βρόγχοι και ο μετέπειτα τραυματισμός τους. Όταν οι βρόγχοι έχουν φλεγμονή ή μόλυνση, λιγότερος αέρας διέρχεται από και προς τους πνεύμονες και σχηματίζεται ένα στρώμα παχιάς βλέννα. Σε περίπτωση που οι βρόγχοι παραμένουν ερεθισμένοι για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως στην περίπτωση της χρόνιας βρογχίτιδας, μεγάλες ποσότητες βλέννας παράγονται συνεχώς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η φυσιολογική ροή του αέρα να εμποδίζεται, να προκαλείται ερεθιστικός βήχας και τελικά οι πνεύμονες να τραυματίζονται. Όλη αυτή η κατάσταση καταλήγει σε απόφραξη των σωλήνων απ' όπου διέρχεται ο αέρας. Τα «μπλοκαρισμένα» σημεία αποτελούν ιδανικό

περιβάλλον για την υπερανάπτυξη βακτηρίων και την μόλυνση από ιούς. Η χρόνια βρογχίτιδα συνήθως εκδηλώνεται με την παρουσία παραγωγικού βήχα για διάστημα μεγαλύτερο των 3 μηνών για δυο συναπτά έτη, υπερέκκριση βλέννας και βράχυνση της αναπνοής.

- Το εμφύσημα ξεκινά με την καταστροφή των κυψελίδων των πνευμόνων. Οι κυψελίδες είναι οι φυσαλίδες στην επιφάνεια του πνεύμονα όπου γίνεται η ανταλλαγή του οξυγόνου της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται στο σώμα μας από τις καύσεις. Η καταστροφή αυτή είναι μη αντιστρεπτή και καταλήγει σε διάταση και στη δημιουργία μόνιμων τρυπών στον ιστό των πνευμόνων. Καθώς καταστρέφονται οι κυψελίδες, οι πνεύμονες μεταφέρουν όλο και λιγότερο οξυγόνο προς την κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας βράχυνση (συντόμευση) της αναπνοής. Χάνεται, επίσης, η ελαστικότητα του πνεύμονα, η οποία είναι υπεύθυνη για να κρατάει του πνεύμονες ανοιχτούς. Τα συμπτώματα του εμφυσήματος περιλαμβάνουν βήχα, δύσπνοια, βράχυνση της αναπνοής, αδυναμία και περιορισμένη αντοχή στην άσκηση. Καθώς η νόσος εξελίσσεται, το έργο της αναπνοής (δηλαδή η προσπάθεια που καταβάλει ο ασθενής για να αναπνεύσει) γίνεται τόσο μεγάλο, που οδηγεί σε μεγάλη απώλεια βάρους.



Τα πιθανότερα αίτια της ΧΑΠ είναι:

- Η κυριότερη αιτία της νόσου είναι το κάπνισμα.
- Η μόλυνση του ατμοσφαιρικού αέρα δρα επιβαρυντικά, κυρίως το διοξείδιο του θείου.
- Το παθητικό κάπνισμα.
- Οι συχνές λοιμώξεις του αναπνευστικού κατά την παιδική ηλικία.
- Η εργατική έκθεση σε βιομηχανικούς ρύπους και σκόνες αυξάνει τον κίνδυνο.
- Το χαμηλό κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο.
- Η ανεπάρκεια της α₁- αντιθρυψίνης, μιας πρωτεΐνης που παράγεται από το συκώτι και ασκεί προστατευτική δράση στους πνεύμονες. Η ανεπάρκεια της είναι γενετική ανωμαλία και ο κίνδυνος ανάπτυξης εμφυσήματος είναι πολύ μεγαλύτερος στα άτομα που εμφανίζουν ανεπάρκεια αυτής της πρωτεΐνης.
- Το φύλο φαινόταν μέχρι πρότινος να παίζει κάποιο ρόλο. Τα προηγούμενα χρόνια η εμφάνιση της ΧΑΠ φαινόταν να είναι συχνότερη στους άνδρες παρά στις γυναίκες, πιθανόν εξαιτίας του μεγαλύτερου ποσοστού καπνιστών. Τα τελευταία χρόνια η επίπτωση της νόσου έχει διπλασιαστεί ανάμεσα και στις γυναίκες. Αφ' ενός διότι αυξήθηκαν τα ποσοστά καπνιστριών και αφ' ετέρου γιατί οι γυναίκες φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στον καπνό.
- Ερευνητικά έχει φανεί ότι και κάποιοι κληρονομικοί παράγοντες κινδύνου σε συνδυασμό με το κάπνισμα αυξάνουν τον κίνδυνο για ΧΑΠ.

4.2.5 Καρδιολογικές παθήσεις

Ο μολυσμένος από μικροσωματίδια ατμοσφαιρικός αέρας μπορεί να ενεργοποιήσει βιολογικούς μηχανισμούς όπως θρόμβωση, αρρυθμίες, και αθηροσκλήρυνση που είναι ικανοί να «υποκινήσουν» ένα καρδιαγγειακό επεισόδιο⁶⁰.

Σύμφωνα με αναδρομική μελέτη για τα έτη 2001-2007 του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ρύπων και του αριθμού νοσηλειών ατόμων από καρδιοαναπνευστικά νοσήματα.

Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι το μονοξείδιο του άνθρακα που μεταφέρεται με την αναπνοή στους πνεύμονες και στη συνέχεια στο αίμα, παρεμβάλλει και επηρεάζει σοβαρά την ομαλή μεταφορά του οξυγόνου στο αίμα. Η υπερβολική έκθεση στο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορεί να έχει επιπτώσεις στο αίμα, τον εγκέφαλο, την καρδιά, ακόμη και σε αγέννητα παιδιά.

Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι η συσχέτιση με το όζον - που ήταν και η σημαντικότερη- αντιστοιχούσε σε ένα συντελεστή 0.0063. Με βάση τον ημερήσιο δείκτη νοσηλειών, αυτή η συσχέτιση κατά προσέγγιση σημαίνει πως αν σε ένα μήνα παρουσιάζεται καθημερινά αύξηση του συγκεκριμένου ρύπου κατά $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ πάνω από τη μέση τιμή αναμένεται εξαιτίας του συγκεκριμένου ρύπου να υπάρχει μία περίπου επιπλέον νοσηλεία από καρδιοαναπνευστικά νοσήματα για το μήνα.

Μητέρες που ζουν σε περιοχή με αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση, έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να γεννήσουν παιδιά με συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες.

Αυτό άλλωστε αποδείχτηκε από μελέτη που έγινε στον Κόλπο του Περσικού⁶¹, όπου μετά τον πόλεμο οι συγγενείς ανωμαλίες της καρδιάς αυξήθηκαν από 39.5 σε 103.4 ανά 10.000 γεννήσεις ($p < 0.001$).

4.2.6 Νεοπλασίες

Ερευνητές του Πανεπιστημίου Harvard συνέδεσαν την ανάπτυξη λευχαιμίας σε άτομα λόγω υψηλής συγκέντρωσης αιωρούμενων μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Πέρα από τις διάφορες μορφές καρκίνου που συνδέονται άμεσα με το νέφος λόγω της περιεκτικότητάς του σε καρκινογόνες ενώσεις όπως οι αρωματικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες, η τολουόλη και το βενζόλιο, ακόμη οι ενώσεις του μολύβδου είναι υπεύθυνες για πνευματικές ασθενών μέσω της αλλοίωσης του αίματος.

Η καρκινογόνος δράση του μολύβδου δεν είναι απόλυτα επιβεβαιωμένη.

Η σχέση καπνίσματος με τους παραπάνω παράγοντες θεωρείται συνεργατική.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, μπορεί να είναι υπεύθυνη για την αύξηση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στη συχνότητα εμφάνισης μορφών καρκίνου σε άτομα, όπως η λευχαιμία και ο καρκίνος του εγκεφάλου, σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησε το Cancer Research Campaign της Μ. Βρετανίας⁶².

Οι επιστήμονες εξέτασαν τη συχνότητα εμφάνισης καρκίνων σε διάφορα άτομα, από το 1954 μέχρι και το 1998. Έχουν διερευνηθεί 4.306 περιστατικά καρκίνου από περιοχές της βορειοδυτικής Βρετανίας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σταθερή αύξηση στις πιο κοινές μορφές καρκίνου, όπως η οξεία λεμφοβλαστική λευχαιμία και ο καρκίνος του εγκεφάλου κατά τελευταία 45 χρόνια.

Πιο συγκεκριμένα η συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου είναι 36% υψηλότερη σε σχέση με το 1950, ενώ η συχνότητα εμφάνισης οξείας λεμφοβλαστικής λευχαιμίας έχει αυξηθεί τουλάχιστον κατά το ένα τρίτο.

Αν και οι Βρετανοί επιστήμονες δε γνωρίζουν τα ακριβή αίτια αυτής της αύξησης, περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πολύ πιθανό αίτιο.

Απαιτούνται συστηματικές επιδημιολογικές μελέτες σε βάθος χρόνου για τον ακριβή εντοπισμό και καταγραφή του προβλήματος της επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και η εξασφάλιση ενός καθαρού περιβάλλοντος για την ομαλή και υγιή ανάπτυξη των ανθρώπων.

5. ΣΧΕΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

5.1 Χώροι με αυξημένη ατμοσφαιρική επιβάρυνση

Όπως προαναφέρθηκε, οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

1. Φυσικές: στις οποίες περιλαμβάνονται ηφαιστειακή δραστηριότητα, θάλασσα, σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος, αλλά και η κοσμική ακτινοβολία καθώς και οι μετεωρίτες. Σε αυτούς τους ρύπους περιλαμβάνονται κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα, υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο.
2. Ανθρωπογενείς δραστηριότητες : Βιομηχανικές πηγές (καύσεις,επεξεργασία), παραγωγή και μεταφορά ενέργειας, μεταφορές, κεντρική θέρμανση, πυρκαγιές.
- 3.Τυχαία περιστατικά (βιομηχανικά ατυχήματα)

Σε όλες σχεδόν τις πόλεις η σημαντικότερη πηγή εκπομπής αέριων ρύπων, είναι η κυκλοφορία οχημάτων, ενώ ακολουθεί η κεντρική θέρμανση και η βιομηχανία.

Μάλιστα, στα αστικά κέντρα, στις περισσότερες περιπτώσεις η κυκλοφορία συμμετέχει σε ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό στους εισπνεόμενους από τον άνθρωπο αέριους ρύπους, σε σχέση με τις άλλες δύο πηγές εκπομπής, αφού η κυκλοφορία είναι κατανομημένη σε όλη την έκταση κάθε πόλης και βρίσκεται πολύ κοντά στον άνθρωπο

Όσο αφορά τη βιομηχανία, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από λιθάνθρακα είναι η κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης παγκοσμίως. Στην Ελλάδα είναι υπεύθυνα για το 56% αυτής της ρύπανσης. Στις Ηνωμένες Πολιτείες λιθανθρακικές μονάδες είναι υπεύθυνες για το 59% των διοξειδίου του θείου και 18% οξειδίων του αζώτου.

Για το διοξείδιο του θείου, οι κυριότερες πηγές προέλευσης του είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Κυριότερες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα είναι οι εξατμίσεις αυτοκινήτων, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους στάθμευσης ή κατά μήκος δρόμων σε περίοδο κυκλοφοριακής αιχμής, και οι εξατμίσεις πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση. Άλλες πηγές είναι το καψάλισμα των χωραφιών και η καύση ελαστικών σε ανοικτούς χώρους.

Ο Μόλυβδος προέρχεται από διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εργοστάσια που χρησιμοποιούν μόλυβδο καθώς επίσης και από οικιακές εστίες φωτιάς, τζάκια, φούρνοι κ.ά., δημιουργείται επίσης από αέριαπυρανάφλεξης, τα οποία μετατρέπονται με χημικό τρόπο σε σωματίδια.

Μια άλλη σημαντική κατηγορία ρύπων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, ο καπνός, διάφορα μέταλλα κλπ.

Για τις φθοριούχες ενώσεις, κύριες πηγές προέλευσης τους είναι οι βιομηχανίες τεχνιτών λιπασμάτων, η παραγωγή αλουμινίου και ορισμένοι τρόποι παραγωγής ειδικών χαλύβων. Εκπομπές επίσης παρατηρούνται και σε βιομηχανίες παραγωγής τούβλων ανάλογα με την σύνθεση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούν.

Εκτός όμως από τους γνωστούς ρυπαντές υπάρχουν και πρόσθετες πηγές ρύπανσης, ο αέρας από χώρο εργασίας, η θέρμανση των σπιτιών ή οι ατμοί του μαγειρέματος και κυρίως ο καπνός του τσιγάρου παρεμποδίζουν σημαντικά τις επιδημιολογικές μελέτες που γίνονται για την αέρια ρύπανση.

Ειδικότερα για το κάπνισμα έχει αποδειχθεί ότι εκτός από τους καπνιστές και οι μη καπνιστές εκτίθενται σε υψηλά ποσοστά ρύπανσης από τον καπνό του τσιγάρου των καπνιστών, ιδίως σε κλειστούς χώρους. Είναι γνωστό ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα που βρέθηκαν σε δωμάτια γεμάτα από καπνό τσιγάρου υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια για το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλώντας ισχυρούς πονοκεφάλους. Όπως επίσης σε άτομα που εκτίθενται μακροχρόνια στον κίνδυνο του καπνού του τσιγάρου είναι δυνατόν να προκληθούν χρόνιες βρογχοπνευμονικές παθήσεις ή καρδιοπάθειες.

5.2 Σχέση περιβάλλοντος και επαγγελματικής έκθεσης

Ανάλογα με τις θέσεις εργασίας και το περιβάλλον, οι πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Οικιακά λύματα(domestic sewage) ονομάζονται γενικά τα υγρά απόβλητα των κατοικιών, ιδρυμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων μιας περιοχής, που είναι συνδεδεμένες με τις λειτουργίες της πόλης (ζαχαροπλαστεία, μαγειρεία, πλυντήρια). Αποτελούνται κατάμεγάλο ποσοστό από νερό, που περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Η δυσάρεστη οσμή τους οφείλεται στο οργανικό υλικό που υφίσταται αναερόβια βακτηριακή δράση.

Το χρώμα των αποβλήτων είναι ενδεικτικό της ηλικίας και της προέλευσής τους. Τα οργανικά υλικά στα λύματα είναι συνήθως: χαρτιά, ούρα, κόπρανα, σαπούνια, απορρυπαντικά, υπολείμματα τροφών, έλαια, λίπη. Τα ανόργανα συστατικά είναι: αμμωνία, άλατα του αμμωνίου, άργιλος κ.ά. Η ποσότητα των παραγόμενων λυμάτων ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα

Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα υγρά απόβλητα διαφόρων βιομηχανιών, που δεν περιέχουν απόβλητα από χώρους εξυπηρέτησης του προσωπικού. Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι αποτέλεσμα της χρήσης νερού στη βιομηχανία, που έχει εμπλουτισθεί με διάφορα συστατικά σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις και διακρίνονται σε βιολογικά και μη βιολογικά.

- Τα βιολογικά περιλαμβάνουν τα απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής τροφίμων, παραγωγής χαρτιού και επεξεργασίας υφαντικών ινών.
- Τα μη βιολογικά είναι απόβλητα χημικών βιομηχανιών και περιέχουν ρυπαντές όπως: οξέα, βάσεις, χλώριο, κυανιούχα, μέταλλα, άλατα, υδρογονάνθρακες, φωσφορικά.

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα σε σύγκριση με τα αστικά λύματα παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά: Περιέχουν τοξικά στοιχεία, εμφανίζουν δυσκολία επεξεργασίας και μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποβλήτων διαφόρων βιομηχανιών.

Ένα μέρος των βιομηχανικών αποβλήτων χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα (hazardous) και απαιτούνται αυστηροί περιβαλλοντικοί περιορισμοί για τη διάθεσή τους στο γεωπεριβάλλον. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και άλλα απόβλητα, όπως τα νοσοκομειακά.

Οργανικά υδατοδιαλυτά απόβλητα (Aqueous Phase Liquids-APLs)

Ανήκουν τα απόβλητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας γεωργικών φαρμάκων, διαλύτες, χρώματα.

Οργανικά μη υδατοδιαλυτά απόβλητα (Non-Aqueous Phase Liquids-NAPLs)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λιπαντικά, ελαιοχρώματα, ελαιώδεις διαλύτες, προϊόντα πετρελαίου. Τα μη αναμείξιμα εξ' αυτών με πυκνότητα μικρότερη του νερού LNAPLs (βενζίνη, πετρέλαιο κ.ά) επιπλέουν στο νερό και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, διαχεόμενα μόνον οριζόντια. Οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δυνατότητα να παραμένουν επί πολύ χρόνο στην επιφάνεια των υπόγειων νερών, δίνοντας δυσάρεστη οσμή.

Απόβλητα με μορφή παχύρρευστων υγρών, ιλύος και στερεών.

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται απόβλητα διύλιστηρίων και απόβλητα καθαρισμού των δεξαμενών πλοίων μεταφοράς πετρελαιοειδών.

Τα βιομηχανικά απόβλητα υποβάλλονται σε επεξεργασία για να απαλλαγούν από τους ρυπαντές και να διατεθούν εν συνεχεία στο περιβάλλον ή να επαναχρησιμοποιηθούν

Τα απόβλητα μεταλλευτικής δραστηριότητας (mining waste) παράγονται κατά την εξόρυξη ορυκτών πόρων σε ανθρακορυχεία, μεταλλεία και αποτελούνται από ένα ετερογενές μίγμα νερού και κονιορτοποιημένου ορυκτού και πιθανά περιέχουν και βαρέα μέταλλα, ως παραπροϊόντα.

Με τις διαδικασίες αποκάλυψης των μεταλλευμάτων αφαιρείται ο προστατευτικός εδαφικός μανδύας και έτσι οι πιθανοί ρύποι οδηγούνται κατευθείαν στους υδροφόρους ορίζοντες. Συχνά οι μεταλλευτικές εργασίες επεκτείνονται κάτω από την επιφάνεια του υπόγειου νερού και απαιτείται στράγγιση. Το νερό αυτό είναι πλούσιο σε μέταλλα, γνωστό ως όξινο νερό μεταλλείου. Οι εκσκαφές μετά το πέρας της εκμετάλλευσης χρησιμοποιούνται συνήθως σαν χώροι απόθεσης απορριμμάτων με πιθανή ρύπανση των υπόγειων νερών. Οι αποθέσεις τους, λόγω της μικρής διατμητικής αντοχής είναι ασταθείς και παρουσιάζουν μεγάλες καθιζήσεις.

Στην Ελλάδα το πρόβλημα εντοπίζεται στην παραγόμενη τέφρα των λιγνιτορυχείων (Μεγαλόπολη, Πτολεμαΐδα).

Απόβλητα γεωργο-κτηνοτροφικής δραστηριότητας

Το νερό που επιστρέφει από τις αρδεύσεις διηθείται παρασέρνοντας διαλυμένες ουσίες στα υπόγεια νερά.

Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών ιόντων έχει οδηγήσει σε πλήρη υποβάθμιση πολλούς υδροφόρους ορίζοντες, κυρίως φρεάτιους σε πολλές περιοχές της χώρας μας.

Τα φυτοφάρμακα (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, παρασιτοκτόνα) που χρησιμοποιούνται εντατικά στη γεωργία τις τελευταίες δεκαετίες αποτελούν σημαντικούς ρύπους για τα υπόγεια νερά. Τα στερεά απόβλητα κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (κοπριάς) είναι πλούσια σε νιτρικά και διαλυμένα άλατα και αποτελούν πιθανές πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Άλλες πιθανές αιτίες ρύπανσης του υπόγειου νερού είναι: τα ρευστά από τα νεκροταφεία, ο εμπλουτισμός από ρυπασμένα επιφανειακά νερά, η ρίψη NaCl για την αποπαγοποίηση των δρόμων (2-10 tn ανά km), η διείδυση της θάλασσας, τα διασταλάζοντα υγρά από τις χωματερές κ.ά.

Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται οι διαφορετικές επιδράσεις, ανάλογα με την πηγή προέλευσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Πηγή	Επίδραση
Χημικές βιομηχανίες	
Μεταλλουργεία	Συσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Χημικές βιομηχανίες	
Βιομηχανίες τροφίμων	
Φαρμακευτικές βιομηχανίες	
Χαρτοποιεία ευτροφισμού	Ελαττώνουν το οξυγόνο Φαινόμενα
φαινόλες)	Τοξικά προϊόντα (αμμωνία,
ποικιλότητας	Ελάττωση της οικολογικής
Αγροτικές δραστηριότητες	Αύξηση νιτρικών ιόντων
	Καρκινογενέσεις
Κτηνοτροφικές δραστηριότητες Σφαγεία υπόγειων	Ρύπανση και μόλυνση
	και επιφανειακών νερών
Πυρηνικοί σταθμοί	Γενετικές αλλοιώσεις
αλυσίδες	Συσώρευση στις τροφικές
Διύλιστήρια	Καταστροφή πανίδας και χλωρίδας
	Εμποδίζουν την οξυγόνωση του
	νερού
Ενεργειακοί σταθμοί	
Βιομηχανίες	Ελάττωση του O ₂ , αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των οργανισμών.

5.3 Τρόποι νόσησης



Ένας ενήλικας αναπνέει περίπου 10.000 λίτρα αέρα κάθε μέρα.

Άρα, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που αναπνέουμε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και στη ποιότητα της ζωής.

Οι ρύποι στην ατμόσφαιρα, αν και συχνά αόρατοι, μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία μας⁶³. Μια πολύπλοκη σειρά φυσικών και χημικών μηχανισμών είναι υπεύθυνη για την μεταφορά, τον μετασχηματισμό και την απόθεση των αερίων ρύπων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια ρεύματα και οι άνεμοι μεταφέρουν τους αέριους ρύπους σε μεγάλες αποστάσεις. Η εναπόθεση στο έδαφος και στους έμβιους οργανισμούς γίνεται είτε μέσω της βροχής, του χιονιού και της υγρασίας είτε με καταιονισμό κατά την διάρκεια της αερομεταφοράς τους όπου λόγω βαρύτητας παραμένουν στο έδαφος.

Η είσοδος των ουσιών αυτών στον οργανισμό του ανθρώπου εξαρτάται από την μορφή της ουσίας, τις χημικές και φυσικές της ιδιότητες, καθώς και την συγκέντρωσή της.

Κυριότερες πύλες εισόδου στον οργανισμό είναι

- το αναπνευστικό σύστημα (εισπνοή). Οι πνεύμονες λόγω της θέσης τους και του ρόλου τους είναι το κύριο όργανο που συνδέει το περιβάλλον με τον οργανισμό και επομένως είναι και το πρώτο όργανο που δέχεται τις δυσμενείς επιδράσεις από την ατμοσφαιρική ρύπανση.
- το γαστρεντερικό σύστημα (λήψη τροφών και υγρών)
- το δέρμα
- το ενδοκρινικό
- το αιμοποιητικό και
- το κυκλοφορικό

Οι επιπτώσεις σε βαρύτητα είναι ποικίλες και εξαρτώνται από το βαθμό της ρύπανσης, από το είδος της ρύπανσης και από τη διάρκεια έκθεσης στους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Οι ρύποι που σήμερα θεωρούνται ότι έχουν αιτιολογική συσχέτιση με την αύξηση τόσο της νοσηρότητας όσο και της θνησιμότητας είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO και CO₂), το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου, το όζον, και η αιθάλη.

Επίσης οι παραπάνω ρύποι του περιβάλλοντος ευθύνονται πολλές φορές για αποβολές εμβρύων, συγγενείς διαμαρτίες, σωματικές και διανοητικές αναπηρίες και διαταραχές της αναπαραγωγικής ικανότητας των ανθρώπων.

Λεπτομερείς επιστημονικές μελέτες έχουν αποδείξει τις σοβαρές επιβλαβείς επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και επίσης επίπεδα ρύπων που μέχρι τώρα θεωρούνταν ασφαλή δεν κρίνονται πλέον ικανοποιητικά και απαιτείται περαιτέρω μείωσή τους.

Αρκετές ομάδες πληθυσμού είναι πιο ευάλωτες στη ρύπανση, κάποιες δε κινδυνεύουν άμεσα ακόμα και από σχετικά χαμηλά επίπεδα ρύπανσης.

Περισσότερο ευάλωτα είναι τα υπερήλικα άτομα καθώς και τα παιδιά. Άτομα που πάσχουν από χρόνια αναπνευστική πάθηση ή είναι ηλικιωμένοι, τότε είναι περισσότερο ευάλωτοι στις βλαβερές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως πρόωρος θάνατος από πνευμονική ή καρδιακή πάθηση.

Τα υγιή άτομα που εργάζονται ή ασκούνται στο ύπαιθρο είναι επίσης ευάλωτα στις επιβλαβείς συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως κατά τις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην επιφάνεια του εδάφους.

Επίσης επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι άτομα που έχουν ζήσει όλη τους τη ζωή στην Αθήνα έχουν διπλάσια πιθανότητα να αναπτύξουν χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια σε σχέση με άτομα που έχουν ζήσει σε αγροτικές ή ημιαστικές περιοχές.

5.4 Κίνδυνοι μέσω μεταφοράς των ρυπαντών

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) υποκαθιστά το οξυγόνο στην αιμοσφαιρίνη του αίματος και εμποδίζει την απελευθέρωση οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη στους περιφερειακούς ιστούς. Όσο περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα υπάρχει στον αέρα που εισπνέουμε τόσο λιγότερο οξυγόνο φτάνει στους ιστούς, προκαλώντας συμπτώματα έλλειψης οξυγόνου. Τα συμπτώματα αυτά σε μικρές συγκεντρώσεις (γύρω στα 10-15 mg/m³) μπορεί να είναι ελαφριές ζαλάδες και μείωση της κριτικής ικανότητας, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (γύρω στα 100 mg/m³) πονοκέφαλοι ή νωθρότητα, και σε πολύ μεγάλες (300-1.100 mg/m³) λιποθυμίες ή ακόμα και θάνατος. Φυσικά, τα συμπτώματα αυτά διαφέρουν πολύ από άτομο σε άτομο, ενώ παράλληλα εξαρτώνται και από τον χρόνο έκθεσης στο CO. Τα όργανα που επηρεάζονται περισσότερο από το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ο εγκέφαλος, η καρδιά και οι σκελετικοί μύες. Στο παρελθόν, η προσοχή είχε κυρίως επικεντρωθεί σε ασθενείς με προβλήματα αρτηριοσκλήρωσης στην καρδιά, που συχνά οδηγούν σε οξεία εμφράγματα. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η αναιμία, οι περιφερειακές αγγειοπάθειες και η υποξαιμία από οποιαδήποτε αιτία επιδεινώνονται από το μονοξείδιο του άνθρακα.

Η έκθεση στο όζον και σε άλλους φωτοχημικούς οξειδωτές έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία⁶⁴. Η βραχεία έκθεση στο όζον μπορεί να προκαλέσει πονοκέφαλους, κόπωση, ερεθισμό στα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα, μείωση των αναπνευστικών λειτουργιών, εξασθένηση της άμυνας του οργανισμού απέναντι στα λοιμώδη νοσήματα. Επίσης, ευθύνεται για τη μείωση της ορατότητας, καθώς και για την καφεκίτρινη απόχρωση της ατμόσφαιρας. Μακροχρόνια έκθεση στο όζον οδηγεί σε καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών και σε αποδομή των πρωτεϊνών (ελαστίνης και κολλαγόνου), κυρίως του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος. Ως αποτέλεσμα, ο ρυθμός με τον οποίο τα πνευμόνια γερνάνε και η προδιάθεσή τους σε εκφυλιστικά νοσήματα μπορεί να αυξηθεί. Επίσης, το όζον, λειτουργώντας συνεργικά με το NO₂, μπορεί να οδηγήσει σε καταστολή της αναπνευστικής λειτουργίας και σε πρόκληση πνευμονικού οιδήματος. Οι επιπτώσεις αυτές επιδεινώνονται όταν αυξάνεται η συγκέντρωση του όζοντος, η διάρκεια της έκθεσης και η σωματική άσκηση.

Η έκθεση στο διοξείδιο του αζώτου μπορεί να προκαλέσει αλλεργική ρινίτιδα, βρογχικό άσθμα με βλάβες στους ιστούς, ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος ικανόν να οδηγήσει σε πνευμονικό οίδημα. Αλλεργικές βρογχικές και ρινικές διαταραχές είναι ιδιαίτερα αυξημένες στα νεαρά άτομα και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των απουσιών από το σχολείο και τη μείωση της παραγωγικότητας. Είναι επίσης αυξημένες στους ασθματικούς και στους ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Από πειράματα με πειραματόζωα υπάρχουν ενδείξεις ότι, παρόλο που η διάρκεια έκθεσης στο NO₂ αυξάνει την τοξικότητά του, η βραχυχρόνια έκθεση σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ίσως να παίζει πιο σημαντικό ρόλο.

Μονοξείδιο άνθρακα (CO) Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο χωρίς οσμή αέριο που προέρχεται κυρίως από την ατελή καύση. Η δράση του αερίου αυτού είναι γνωστή από πολλά χρόνια και συνδέεται άμεσα με την αιμοσφαιρίνη (αιμογλοβίνη) του αίματος. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι βλαβερό διότι αφήνει λιγότερη αιμοσφαιρίνη που χρησιμεύει στη μεταφορά του οξυγόνου. Όταν μία σημαντική ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος τότε περιορίζεται η δέσμευση του οξυγόνου με αποτέλεσμα το οξυγόνο που εισέρχεται στους ιστούς να είναι λιγότερο. Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει οξύτερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Σε περιπτώσεις όπως της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου εμφανίζεται το "νέφος", οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται σημαντικά με συνέπεια τους συχνούς πονοκεφάλους. Οι περιπτώσεις αυτές γίνονται εντονότερες σε άτομα που έχουν κάποια αναιμία. Οι καπνιστές επίσης παρουσιάζουν αυξημένους πονοκεφάλους. Από τη φύση του το μονοξείδιο του άνθρακα δεν έχει αθροιστικές ιδιότητες, δηλαδή δεν συσσωρεύεται στα ανθρώπινα όργανα. Παρόλα αυτά η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να έχει δηλητηριώδη επίδραση.

Κατάποση των αερίων ρυπαντών. Τα επεισόδια ρύπανσης της Κοιλάδας Meuse του Βελγίου, της Donora των ΗΠΑ και του Λονδίνου στην Αγγλία έδωσαν μεταξύ άλλων συμπτώματα ναυτίας και εμετού, σε ευαίσθητα άτομα. Τα συμπτώματα αυτά μπορούν να αποδοθούν εν μέρει στο δυνατό βήχα που είχαν τα άτομα αυτά κατά την περίοδο των επεισοδίων ή μπορούν να προέρχονται από την κατάποση των εκκρίσεων του τραχειοβρογχικού δένδρου ή ακόμη από τις προστατευτικές εκκρίσεις των αναπνευστικών οδών της μύτης.

Η κατάποση των τοξικών υλικών που πιθανώς προέρχονται από την αέρια ρύπανση είτε συλλαμβάνονται από την μύτη και το λαιμό, ακολουθώντας τους προηγούμενους μηχανισμούς, είτε καταπίνονται με το νερό ή την τροφή, σαν υδατικά διαλύματα ή αιωρήματα και σαν επικαθίσεις ή προσροφήσεις. Εκείνο που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι η χρόνια και συστηματική δηλητηρίαση της τροφικής αλυσίδας από ορισμένους αερίους ρυπαντές για τους οποίους είτε δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, είτε δεν έχουν καθόλου διερευνηθεί.

5.5 Επιπτώσεις των ρύπων κατά ομάδες πληθυσμού

Είναι πολλοί οι παράγοντες που καθορίζουν την ευαισθησία του πληθυσμού όταν αυτός είναι εκτεθειμένος στην ρύπανση. Μερικοί από αυτούς είναι η ηλικία, το φύλλο, η γενική κατάσταση της υγείας, η διατροφή, οι προϋπάρχουσες ασθένειες και η θερμοκρασία και υγρασία που επικρατεί κατά τις ημέρες της έκθεσης. Γενικά, οι ηλικιωμένοι, τα πολύ νεαρά άτομα, οι ασθενικοί, οι καπνιστές, αυτοί που εκτίθενται σε ανθυγιεινές συνθήκες εργασίας, εκείνοι στους οποίους προϋπάρχει χρόνια βρογχίτιδα, καρδιοπάθειες ή άσθμα είναι πιο ευάλωτοι στην αέρια ρύπανση. Ορισμένες ασθένειες όπως η χρόνια βρογχίτις, το άσθμα, το εμφύσημα και ο καρκίνος των πνευμόνων οφείλονται σε πολλούς παράγοντες. Γι' αυτό όταν χρησιμοποιούνται σαν δείκτης στις επιδημιολογικές μελέτες, σε συνδυασμό και με τις διαφορετικές μεθόδους μετρήσεως, δυσκολεύουν την ερμηνεία των διαφορών στα στοιχεία που εμφανίζονται κατά περιοχή ή χώρα.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂) Το διοξείδιο του θείου εμφανίζεται στον αέρα των αστικών περιοχών σαν προϊόν της καύσης των υδρογονανθράκων. Σε περιοχές που γίνεται μεγάλη κατανάλωση άνθρακα οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου είναι πολύ μεγάλες σε αντίθεση με τις περιοχές στις οποίες γίνεται χρήση αερίου.

Κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο

Μονοξείδιο άνθρακα (CO)

Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει οξύτερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Σε περιπτώσεις όπως της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου εμφανίζεται το "νέφος", οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται σημαντικά με συνέπεια τους συχνούς πονοκεφάλους. Οι περιπτώσεις αυτές γίνονται εντονότερες σε άτομα που έχουν κάποια αναιμία. Οι καπνιστές επίσης παρουσιάζουν αυξημένους πονοκεφάλους.

Μεθάνιο (CH₄)

Επειδή το μεθάνιο συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι πιθανές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας με το αέριο αυτό έχουν εξετασθεί διεξοδικά και διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Οι εκτιμήσεις ως προς τις ποσότητες μεθανίου που παρέχουν οι διάφορες πηγές διαφέρουν ανάλογα με το πότε και πού έγινε η μελέτη και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Όλες οι μελέτες συμφωνούν στο ό,τι οι ποσότητες μεθανίου που εκλύουν οι ανθρωπογενείς πηγές είναι μεγαλύτερες από εκείνες των φυσικών πηγών.

Μια εκτίμηση της IPPC (2001) ανέφερε έκλυση 350 εκατομμυρίων τόννων/έτος από ανθρωπογενείς πηγές, έναντι 250 εκατομμυρίων τόννων/έτος από φυσικές πηγές.⁶⁵ Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πηγές αυτές θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως "απρόσμενες".⁶⁶⁻⁶⁷ Οι ποσότητες αυτές υπερβαίνουν τις ποσότητες μεθανίου που χάνονται (κυρίως με οξείδωση μέσω των ριζών OH⁻, αλλά και με απορρόφηση από τους ωκεανούς και τα εδάφη,⁶⁸ οπότε συνολικά υπάρχει μια βραδεία, αλλά σταθερή αύξηση της μέσης περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε μεθάνιο.

Φυσικές πηγές μεθανίου. Οι εκπομπές μεθανίου από φυσικές πηγές καθορίζονται κυρίως από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι ποσότητες των κατακρημνίσεων. Αν και υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα ως προς τη συμβολή κάθε φυσικής πηγής, οι διαθέσιμες πληροφορίες δείχνουν ότι οι φυσικές πηγές κατανέμονται ως εξής: Υδροτόποι, Ωκεανοί, Τερμίτες, Υδρίτες μαθανίου

Ανθρωπογενείς πηγές μεθανίου. Μεγάλες ποσότητες μεθανίου παράγονται από τις αγροτικές (κτηνοτροφία, καλλιέργειες) και τις βιομηχανικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές: Επιχώσεις απορριμμάτων (landfills). Εντερική ζύμωση τροφών ζώων. Διαχείριση ζωικών λιπασμάτων (κοπριά) Παραγωγή - επεξεργασία πετρελαίου. Απώλειες φυσικού αερίου Ανθρακωρυχεία. Επεξεργασία λημμάτων. Άλλες ανθρωπογενείς πηγές.

Φθοριούχα

Κύριες πηγές εκπομπής των φθοριούχων ενώσεων είναι οι βιομηχανίες τεχνιτών λιπασμάτων, η παραγωγή αλουμινίου και ορισμένοι τρόποι παραγωγής ειδικών χαλύβων. Εκπομπές επίσης παρατηρούνται και σε βιομηχανίες παραγωγής τούβλων ανάλογα με την σύνθεση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούν.

Εκτός όμως από τους γνωστούς ρυπαντές υπάρχουν και πρόσθετες πηγές ρύπανσης, ο αέρας από χώρο εργασίας, η θέρμανση των σπιτιών ή οι ατμοί του μαγειρέματος και κυρίως ο καπνός του τσιγάρου παρεμποδίζουν σημαντικά τις επιδημιολογικές μελέτες που γίνονται για την αέρια ρύπανση.

Οι πηγές αυτές δίνουν μία "προσωπική" ρύπανση του εισπνεόμενου αέρα που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα και πολυκυκλικών αρωματικών ενώσεων όπως π.χ. τα βενζοπυρένια.

Ειδικότερα για το κάπνισμα έχει αποδειχθεί ότι εκτός από τους καπνιστές και οι μη καπνιστές εκτίθενται σε υψηλά ποσοστά ρύπανσης από τον καπνό του τσιγάρου των καπνιστών, ιδίως σε κλειστούς χώρους.

Είναι γνωστό ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα που βρέθηκαν σε δωμάτια γεμάτα από καπνό τσιγάρου υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια για το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλώντας ισχυρούς πονοκεφάλους. Όπως επίσης σε άτομα που εκτίθενται μακροχρόνια στον κίνδυνο του καπνού του τσιγάρου είναι δυνατόν βρογχοπνευμονικές παθήσεις ή καρδιοπάθειες.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Το διοξείδιο του αζώτου σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και σε παιδιά. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή.

Ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής πρόδρομων ουσιών του όζοντος (VOCs και NO_x) είναι τα οχήματα, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά και τα βενζινάδικα.

Αέρια Σωματίδια

Σημαντικό ρόλο έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10 μm (PM-10) και ιδίως τα σωματίδια με πολύ μικρή διάμετρο (PM 2,5), διότι το μέγεθός τους, επιτρέπει την είσοδό τους στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα. Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, στους πνεύμονες και στην καρδιά. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι, είναι ομάδες πληθυσμού ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Σύμφωνα με στοιχεία της EPA τα αιωρούμενα σωματίδια προκαλούν περίπου 60,000 πρόωρους θανάτους ανά έτος στις ΗΠΑ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση απειλεί άτομα που πάσχουν ήδη από πνευμονικές παθήσεις. Ωστόσο, οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και τα αναπτυσσόμενα βρέφη κινδυνεύουν εξίσου να υποστούν επιβλαβείς συνέπειες από έκθεση στη ρύπανση.

Τα υγιή άτομα που εργάζονται ή ασκούνται στο ύπαιθρο είναι επίσης ευάλωτα στις επιβλαβείς συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως κατά τις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην επιφάνεια του εδάφους.

Ομάδες υψηλού κινδύνου αποτελούν τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και οι πάσχοντες από καρδιο- πνευμονικές νόσους.

Στις ομάδες που διατρέχουν κίνδυνο περιλαμβάνονται παιδιά και ηλικιωμένοι. Άτμα που υποφέρουν ήδη από χρόνιες αναπνευστικές νόσους, όπως το άσθμα, οι σοβαρές αλλεργίες ή η ΧΑΠ, κινδυνεύουν ιδιαίτερα⁶⁹. Επιπρόσθετα, οι ομάδες ανθρώπων που είναι εκτεθειμένες στους ρύπους των εσωτερικών χώρων για μεγάλα χρονιά διαστήματα, είναι και οι πιο ευαίσθητες, όπως τα μικρά παιδιά, οι ηλικιωμένοι, οι άνθρωποι με χρόνιες παθήσεις, ιδιαίτερα όσοι υποφέρουν από αναπνευστικά και καρδιαγγειακά νοσήματα.

Τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα από τους ενήλικες και εκτίθενται σε υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων εξαιτίας του μεγαλύτερου ρυθμού αναπνοής τους και του μικρότερου βάρους τους. Επίσης τα παιδιά περνούν περισσότερο χρόνο έξω και υπόκεινται σε υψηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας στο σπίτι ή στο σχολείο.

Περίπου 1.150 σχολεία στο Λονδίνο βρίσκονται σε απόσταση 150 μέτρων από δρόμους με κυκλοφορία 10.000 αυτοκινήτων την ημέρα. Αυτό ανακοίνωσε ο οργανισμός CAL αρμόδιος για την καθαρότητα της ατμόσφαιρας του Λονδίνου, ο οποίος παράλληλα επεσήμανε ότι η έκθεση των μαθητών στη συγκεκριμένη ατμοσφαιρική ρύπανση οδηγεί σε αύξηση του βρογχικού άσθματος κατά 15-30%. Παράλληλα δημοσιεύεται η Ευρωπαϊκή μελέτη APHEKOM στην οποία μελετήθηκε η ρύπανση της ατμόσφαιρας σε δρόμους με κυκλοφορία 10.000 οχημάτων την ημέρα, η οποία επιβεβαιώνει τα ευρήματα της αντίστοιχης μελέτης του Λονδίνου, ενώ παράλληλα σημειώνει αύξηση και των καρδιαγγειακών νοσημάτων. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται από μια άλλη μελέτη που δημοσιεύεται στο 'British Medical Journal', η οποία υποστηρίζει ότι η ρύπανση της ατμόσφαιρας που προέρχεται από την εξάτμιση των αυτοκινήτων δεν προκαλεί άμεσα καρδιακή προσβολή αλλά επιδεινώνει την εξέλιξη των βλαβών που υπάρχουν στις στεφανιαίες αρτηρίες και έτσι επιταχύνεται το καρδιαγγειακό επεισόδιο.

Σήμερα, η ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ειδικά για αυτούς που ζουν στα αστικά κέντρα. Η αναγνώριση των επιδράσεων των σημερινών επιπέδων ρύπανσης οδήγησε στην αναθεώρηση των οδηγιών ή/και ορίων της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α., της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ).

6. ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

6.1 Προσδιορισμός ρύπων

Για την επίτευξη προβλέψεων των τιμών των ρύπων έχουν δημιουργηθεί μοντέλα που είναι βασισμένα και στις παρατηρήσεις στατιστικών τεχνικών προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες συνθήκες – τοπογραφικές και κλιματολογικές – της κάθε περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη βιοχημικές παραμέτρους δηλαδή τη γνώση της χημείας της ατμόσφαιρας, καθώς και τις υπάρχουσες πηγές ρύπανσης κλπ.

Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν κυρίως real time μετρήσεις και επιτυγχάνουν βραχυχρόνιες προβλέψεις που είναι απαραίτητες για την αποφυγή επεισοδίων υπερβολικής αύξησης των τιμών των ρύπων. Έτσι με τη λήψη, εκ των προτέρων, κατάλληλων έκτακτων μέτρων είναι δυνατή η αποφυγή τους.

Ωστόσο απαραίτητες για την έρευνα και την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής μόλυνσης είναι και οι αμιγώς στατιστικές τεχνικές. Κυρίως εφαρμόζονται η πολυμεταβλητή ανάλυση και οι χρονολογικές σειρές.

Η πολυμεταβλητή ανάλυση όπως έχει ήδη αναφερθεί χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του 23 ποσοστού συμμετοχής των ρυπογόνων πηγών για κάθε ρύπο.

Επίσης εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της επιρροής, στην τάση του ρύπου μια περιοχής, διαφόρων άλλων μεταβλητών, όπως ο σταθμός μέτρησης του ρύπου η χρονική εποχή κλπ. Έτσι ανιχνεύεται η εποχικότητα, τα σημεία που είναι επιβαρημένα από τη μόλυνση και οι διάφορες παράμετροι μεταβλητές που επηρεάζουν την τάση του ρύπου στο χρόνο.

Οι χρονολογικές σειρές επίσης χρησιμοποιούνται συστηματικά για την ανίχνευση της εξέλιξης της τάσης του ρύπου στο χρόνο και την πραγματοποίηση προβλέψεων για την πορεία του. Οι χρονολογικές σειρές χρησιμοποιούνται είτε με την εφαρμογή κλασσική στατιστική θεωρία είτε με τη χρήση μη παραμετρικής στατιστικής θεωρίας. Το κριτήριο επιλογής της τεχνικής είναι ο όγκος των δεδομένων.

Η κλασσική στατιστική ανάλυση χρονολογικών σειρών απαιτεί μεγάλο αριθμό δεδομένων, επομένως εφαρμόζεται σε ημερήσια κυρίως δεδομένα. Στην πράξη αποτελεσματικά και εύκολα εφαρμόσιμα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι τα μηνιαία ή ετήσια δεδομένα. Κατά συνέπεια η μη παραμετρική στατιστική κυριαρχεί στη στατιστική ανάλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Οι παραπάνω τρόποι διερεύνησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σίγουρα δεν είναι οι μόνες. Αποτελούν όμως τους βασικούς άξονες για την παρακολούθηση και τη λήψη μέτρων της ατμοσφαιρικής μόλυνσης. Εξειδικευμένες εφαρμογές ή τροποποιημένες τεχνικές βασισμένες στην παραπάνω στατιστική θεωρία καθώς και συνδυασμοί τους συνιστούν την κατεύθυνση που κινείται η περιβαλλοντική στατιστική.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Dobbins R.A.:** *Atmospheric Motion and Air Pollution*, John Wiley and Sons. 1979, 324pp.
2. **Fox L. Donald, Boubel W. Richard, Turner D. Bruce and Stern C. Arthur:** *Fundamentals of Air Pollution*. Third Edition. Academic Press, Inc. 1992, 530 pp.
3. **Godish Thad:** *Air Quality*. Second Edition. Lewis Publishers INC., Chelsea, Michigan, U.S.A, 1991, 422pp.
4. **Seinfeld J.H. and Pandis S.N:** *Atmospheric Chemistry and Physics*. From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1998.
5. **R. Johnson:** *Relative effects of air pollution on lungs and heart*. *Circulation* 2004;109:5-7
6. **Pope, T. Burnett, J. Thun**, et al: *Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to the particular air pollution*. *JAMA* 2002; 287:1132-1141.
7. **Atkinson RW, Anderson HR:** *Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions - Results from the APHEA 2 project*. *Epidemiology* 2001.12(4):S54-S54.
8. **Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, Sunyer J, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR, Lemoullec Y, Wojtyniak B, Vigotti MA, Bacharova L:** *Short-Term Effects of Air-Pollution on Health - a European Approach Using Epidemiologic Time-Series Data - the Apha Project - Background, Objectives, Design*. *Eur Respir J*. 1995 Jun;8(6):1030-8.
9. **Poloniecki, W. Atkinson, P. Leon**, et al: *Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London U.K*. *Environm. Med*. 1997; 54:535-540.
10. **Brook, B. Franklin, W. Cascio**, et al: *Air pollution and cardiovascular disease, a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of A.H.A*. *Circulation* 2004; 109:2655-2671.
11. **Papaioannou AB, Viras LG, Nastos PT, Paliatsos AG.** Temporal evolution of sulfur dioxide and nitrogen oxides in the city of Volos, Greece. *Environ Monit Assess*. 2009 Feb 24.

12. **Pope C, R. Burnet, G. Thurston**, et al: *Cardiovascular mortality and long-term exposure to particular air pollution. Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease.* *Circulation* 2004;109:71-77.
13. **Bhatnagar**: *Cardiovascular pathophysiology of environmental pollutants.* *Physiol.* 2004; 286: H479-485.
14. **M. Sanet, F. Dominici, C. Curriero**, et al: *Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities 1987-1994.* *N. Engl. J. Med.* 2000; 343:1742-1749.
15. **Baccarelli A, Martinelli I, Pegoraro V, Melly S, Grillo P, Zanobetti A, Hou L, Bertazzi PA, Mannucci PM, Schwartz J.** *Living near major traffic roads and risk of deep vein thrombosis.* *Circulation.* 2009 Jun 23;119(24):3118-24.
16. **Mills PK, Abbey DE, Beeson WL and Petersen F.** *Ambient air pollution and cancer in California Seventh day Adventists.* *Arch Environ Health* 1991;46:271-80
17. **Touloumi G, Atkinson R, Le Tertre A, Samoli E, Schwartz J, Schindler C, Vonk JM, Rossi G, Saez M, Rabszenko D, Katsouyanni K:** *Analysis of health outcome time series data in epidemiological studies.* *Environmetrics* 2004, 15(2):101-117.
18. **Doll R and Peto R.** *The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today.* *J Natl Cancer Inst* 1981; 66:1191-1308
19. **Engholm G, Palmgren F, Lyng E.** *Lung cancer, smoking, and environment: a cohort study of the Danish population.* *BMJ* 1996; 312:1259-1263
20. **Katsouyanni K, Pershagen G.** *Ambient air pollution exposure and cancer.* *Cancer Causes Control* 1997; 8:284-9
21. **Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF.** *Long term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the AHSMOG study.* *Adventist Health Study on Smog. Environ Health Perspect* 1998; 106:813-22
22. **Samet JM, Humble CG, Skipper BE and Pathak DR.** *History of residence and lung cancer risk in New Mexico.* *Am J Epidemiol* 1987; 125:800-811
23. **Xu ZY, Blot WJ, Xiao XP, Wu A, Feng YP, Stone BJ, Sun J, Ershow AG, Henderson BE and Fraumeni Jr JF.** *Smoking, air pollution, and the high rates of lung cancer in Shenyang, China.* *J Natl Cancer Inst* 1989:1800-6
24. **Matanoski GM, Landau E, Tonascia J, Lazar C, Elliott EA, McEnroe W, King K.** *Cancer mortality in an industrial area of Baltimore.* *Environ Res* 1981;25:8-2

25. **Cordier S, Theriault G, Iturra H.** *Mortality patterns in a population living near a copper smelter.* Environ Res 1983;31:311-22
26. **COMEAP.** *The Quantification of the Effects of Air Pollution on Health in the United Kingdom.* Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, UK Dept. of Health, 1998.
27. **Sunyer J, Spix C, Qui nel P, Ponce-de-Leon A, Ponka A, Barumandzadeh T, Touloumi G, Bacharova L, Wojtyniak B, Vonk J, Bisanti L, Schwartz J, Katsouyanni K.** *Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA Project.*Thorax. 1997 Sep;52(9):760-5.
28. **Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR...**Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach.* BMJ 1997 Jun 7;314(7095):1658-63
29. **Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, Sunyer J, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR, Le Moulec Y, Wojtyniak B, Vigotti MA, Bacharova L, Schwartz J.** Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data. The APHEA Project. *Air Pollution Health Effects-A European Approach.* *Public Health Rev.* 1997;25(1):7-18;
30. **POST.** *Fine Particles and Health.* The Parliamentary Office of Science and Technology, London, June 1996.
31. **R. Johnson :** *Relative effects of air pollution on lungs and heart.* Circulation 2004; 109:5-7
32. **AIR pollution and incidence of cardiac arrhythmia.** Epidemiology 2000; 11:11-17.
33. **C. Pope, T. Burnett, J. Thun,** et al: *Lung cancer, cardiopulmonary mortality an long-term exposure to the particular air pollution.* JAMA 2002; 287:1132-1141.
34. **American Academy of Pediatrics, Policy Statement,** “*Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children*”, PEDIATRICS, 2004; Vol. 114, No 6, pp1699-1707.
35. **Dejmek J, Solansky I, Benes I, Lenicek j, Sram RJ.,** “*The impact of polycyclic aromatic hydrocarbons and fine particles on pregnancy outcome*”, Environ Health Perspect. 2000, Vol. 108, pp 159-1164.

36. **Bates DV**, “*The effects of air pollution on children*”, Environ Health Perspect. 1995, Vol. 103 (suppl 6), pp 49-53.
37. **Roemer W, Hoek G, Brunekreef B, Haluszka J, Kalandidi A, Pekkanen J.** Daily variations in air pollution and respiratory health in a multicentre study: the PEACE project. *Pollution Effects on Asthmatic Children in Europe*. Eur Respir J. 1998 Dec;12(6):1354-61.
38. The effect of air pollution on lung development from 10-18 years of age, *The New England Journal of Medicine* 2004;351:1157-1167
39. **Hoek G, Dockery DW, Pope A, Neas L, Roemer W, Brunekreef B.** “*Association between PM10 and decrements in peak expiratory flow rates in children: reanalysis of data from five panel studies*”, Eur Respir J., 1998, Vol. 11, pp 1307- 1311.
40. **Priftis KN, Mantzouranis EC, Anthracopoulos MB, J Asthma.** 2009 Apr;46 (3):244 Asthma symptoms and airway narrowing in children growing up in an urban versus rural environment.
41. **Chen PC, Lai YM, Chan CC, Hwang IS, Yang CY, Wang JD,** “*Short-term effect of ozone on the pulmonary function of children in primary school*” Environ Health Perspect. 1999, Vol. 107, pp 921-925.
42. **Castillejos M, Gold DR, Damokosh AI, Serrano P, Allen G, McDonnell WF, Dockery D, Ruiz Velasco S, Hernandez M, Hayes C.** Acute effects of ozone on the pulmonary function of exercising schoolchildren from Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995 Nov; 152(5 Pt 1):1501-7.
43. **Pierse N, Rushton L, Harris RS, Kuehni CE, Silverman M, Grigg J.** Locally generated particulate pollution and respiratory symptoms in young children. *Thorax*. 2006 Mar; 61(3):216-20
44. **Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, Lurmann F, Avol E, Kunzli N, Jerrett M, Peters J.** Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet*. 2007 Feb 17; 369(9561):571-7.
45. **Ninan T.K., Russell G.,** «Respiratory symptoms and atopy in Aberdeen schoolchildren: Evidence from 2 surveys 25 years apart», *Br Med J* 1992 304: 873-875.
46. **K. Katsouyanni et al.,** «Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project» *BMJ* 1997 314: 1658.

47. **Ishizaki T., Koizumi K., Ikemori R., Ishiyama Y., Kushibiki E.**, «Studies of prevalence of Japanese cedar pollinosis among residents in a densely cultivated area», *Ann Allergy* 1987 58: 265-70.
48. **Von Mutius E., Fritzsche C., Weiland S.K., Roll G., Magnussen H.**, «Prevalence of asthma and allergic disorders among children in united Germany», *BMJ* 1992 305: 1395-9.
49. **Heinrich J., Richter K., Magnussen H., Wichmann H.E.**, «Do asthma and asthma symptoms in adults already converge between East and West Germany?», *Am J Respir Crit Care Med* 1996 153 (4): A 856.
50. **Wichmann H.E.**, «Possible explanation for the different trend of asthma and allergy in East and West Germany», *Clin Exp Allergy* 1996 26: 621-3.
51. **Kramer U., Koch T., Ranft U., Ring J., Behrendt H.**, «Traffic-related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas», *Epidemiology* 2000 11 (1): 64-70.
52. **Braun-Fahrlander C., Gassner M., Grize L., Neu U., Sennhauser F.H., Varonier H.S., Vuille J.C., Wuthrich B.**, «Prevalence of hay fever and allergic sensitization in farmer's children and their peers living in the same rural community. SCARPOL team. Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution», *Clin Exp Allergy* 1999 29 (1): 28-34.
53. **Nja F., Roksund O.D., Svidal B., Nystad W., Carlsen K.H.**, «Asthma and allergy among schoolchildren in a mountainous, dry, non-polluted area in Norway», *Pediatr Allergy Immunol* 2000 11 (1): 40-8.
54. **Dotterud L.K., Odland J.O., Falk E.S.**, «Atopic diseases among adults in the two geographically related arctic areas Nikel, Russia and Sor-Varanger, Norway: possible effects of indoor and outdoor air pollution», *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2000 14 (2): 107-11.
55. **Schappi G.F., Taylor P.E., Pain M.C., Cameron P.A., Dent A.W., Staff I.A., Suphioglu C.**, «Concentrations of major grass group 5 allergens in pollen grains and atmospheric particles: implications for hay fever and allergic asthma sufferers sensitized to grass pollen allergens», *Clin Exp Allergy* 1999 29 (5): 633-41.
56. **Suglia SF, Wright RO, Schwartz J, Wright RJ.** Association between lung function and cognition among children in a prospective birth cohort study. *Psychosom Med.* 2008 Apr;70(3):356-62.

57. **Perera FP, Li Z, Whyatt R, Hoepner L, Wang S, Camann D, Rauh V** Prenatal airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child IQ at age years..*Pediatrics*. 2009 Aug;124(2):e195-202.
58. US environmental protection agency Study of Hazardous Air Pollutant Emissions from Electric Utility Steam Generating Units -Final Report to Congress 1998
59. <http://www.pharmacy-and-drugs.com/illnesses/images/copd.jpg>
60. **Dockery DW**, “*Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution*”, *Environ Health Perspect*. 2001, Vol. 109(suppl 4), pp 483-486.
61. **Abushaban L, Al-Hay A, Uthaman B, Salama A, Selvan J**. Impact of the Gulf war on congenital heart diseases in Kuwait. *Int J Cardiol*. 2004 Feb;93(2-3):157-62.
62. **McNally RJ, Cairns DP, Eden OB, Kelsey AM, Taylor GM, Birch JM**. Examination of temporal trends in the incidence of childhood leukaemias and lymphomas provides aetiological clues. *Leukemia*. 2001 Oct;15(10):1612-8.
63. **C. Arden Pope III**. *Air pollution and health-Good news and bad*. Editorial. *N. Engl. J. Med*. 2004; 351:1132-1134.
64. **AYRES JG, FORSBERG B, ANNESI-MAESANO I, DEY R, EBI KL, HELMS PJ et al**. *Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement*. *Eur Respir J* 2009, 34:295–302
65. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): "[Climate Change 2001: The scientific basis \(subchapter 4.2.1.1: 'Methane'\)](#)".
- 66 Wikipedia: "[Methane](#)".
67. Environmental Protection Agency (USA): "[Methane. Sources and Emissions: Where does methane come from?](#)".
- 68 Environmental Protection Agency: "Greenhouse gases and Global Warming Potential Values" ([αρχείο PDF, 74 KB](#)).
69. **EUROPEAN COMMISSION**. Adapting to climate change: Towards a European framework for action human, animal and plant health impacts of climate change. Commission Staff Working Document, Brussels, Belgium, 2009:1–18.